

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-039038

(43)Date of publication of application : 06.02.2002

(51)Int.Cl.

F02N 9/02
 F02D 13/02
 F02D 15/00
 F02D 17/00
 F02D 29/02
 F02D 41/02
 F02D 41/06
 F02N 9/04

(21)Application number : 2000-227414

(22)Date of filing : 27.07.2000

(71)Applicant : HITACHI LTD

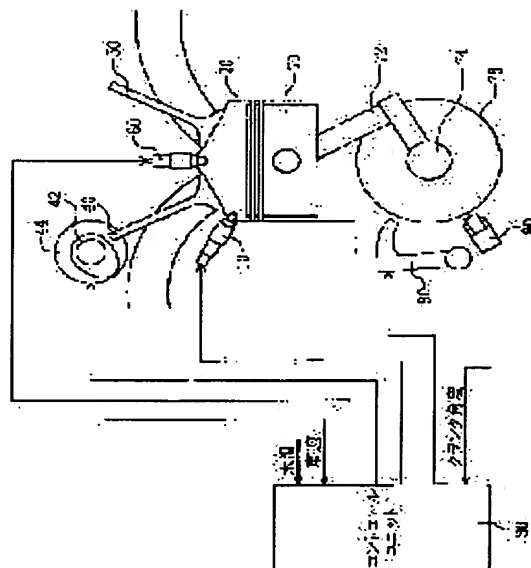
(72)Inventor : YAMAGUCHI JUNICHI
 ONISHI KOJI
 FUJII TAKASHI
 FUJIEDA MAMORU
 ABO MATSUHARU

(54) ENGINE START DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an engine start device enabling self-starting without using a starter.

SOLUTION: Control unit 30 detects a cylinder in expansion stroke and emits and ignites fuel and restarts engine. Valve timing phase variable mechanism 44 controls open/close timing of an intake valve of a cylinder in compression stroke. Control unit 30 controls closing timing of an intake valve by valve timing phase variable mechanism 44 so that an intake valve of a cylinder in compression distance for the timing of fuel emission and ignition of a cylinder in expansion distance.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A fuel-injection means to inject a fuel directly into a cylinder, and a crank angle detection means to detect the crank angle at the time of an engine shutdown, In the engine starting system which the gas column which exists like an expansion line is detected [starting system], and a fuel is injected and lit [starting system], and makes an engine restart after an ignition means to light the gaseous mixture in a cylinder, and a halt of an engine Engine starting system characterized by having the low voltage compression control means to which the compressive force of the gas column in a compression stroke is reduced at the time of restart.

[Claim 2] It is the engine starting system characterized by to consist of a control means which controls the closed stage of the inlet valve by the above-mentioned valve-timing phase adjustable means so that a valve-timing phase adjustable means control the closing-motion timing of the inlet valve of the gas column which the above-mentioned low-voltage compression control means has in the above-mentioned compression stroke in engine starting system according to claim 1, and the inlet valve of the gas column which is in the above-mentioned compression stroke at the time of fuel injection and ignition in the gas column which exists like the above-mentioned expansion line may open.

[Claim 3] It is the engine starting system carried out [that the above-mentioned low voltage compression control means consists of a control means which controls the above-mentioned auxiliary exhaust valve in engine starting system according to claim 1 so that the auxiliary exhaust valve prepared in the exhaust side of the gas column in the above-mentioned compression stroke and the above-mentioned auxiliary exhaust valve of the gas column which is in the above-mentioned compression stroke at the time of fuel injection and ignition in the gas column which exists like the above-mentioned expansion line may open, and] as the description.

[Claim 4] The engine starting system characterized by to have the high-pressure expansion control means which enlarges the expansion force at the time of the above-mentioned restart in the engine starting system which the gas column which exists like an expansion line detects [starting system], and a fuel injects and lights [starting system], and makes an engine restart after a fuel-injection means inject a fuel directly into a cylinder, a crank-angle detection means detect the crank angle at the time of an engine shutdown, an ignition means light the gaseous mixture in a cylinder, and a halt of an engine.

[Claim 5] In engine starting system according to claim 4 the above-mentioned high-pressure expansion control means The adjustable valve timing means which carries out adjustable [of the closing motion timing of the inlet valve of the gas column which exists like an inhalation-of-air line at the time of restart, and an exhaust valve], While controlling the above-mentioned adjustable valve timing means to close the above-mentioned inlet valve and exhaust valve of a gas column which exist like the above-mentioned inhalation-of-air line at the time of fuel injection and ignition in the gas column which exists like the above-mentioned expansion line Engine starting system characterized by becoming the cylinder of this gas column from the control means which injects a fuel and lights it.

[Claim 6] It is the engine starting system characterized by preparing like empty inhalation of air and an empty exhaust air line at the back like expansion / exhaust air line of the gas column which the above-mentioned control means has like the above-mentioned inhalation-of-air line in engine starting system according to claim 5.

[Claim 7] It is the engine starting system characterized by consisting of a high-pressure air supply means to supply high-pressure air to the gas column which the above-mentioned high-pressure expansion control means has like an expansion line in engine starting system according to claim 4 at the time of restart, and a control means controlled to supply high-pressure air from the above-mentioned high-pressure air supply

means at the time of fuel injection and ignition in the gas column which exists like the above-mentioned expansion line.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the engine starting control unit which puts an engine into operation, without starting the engine starting system which puts an engine into operation, and using a starter especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] When an automobile ran a city area conventionally and it had stopped in the waiting for a signal, the time of delay, etc., since the engine was continuing rotation in the state of the idling, it had caused aggravation of specific fuel consumption, the increment in an exhaust gas, aggravation of a degree of comfort, and the increment in the noise. Stopping an engine is known, when it is judged there that the automobile has stopped certainly as indicated by JP,58-18557,A. When predetermined restart condition is ready on the occasion of restart, he is trying to make an engine restart using a starter motor. However, since it developed using it originally only at the time of engine starting as a premise, if the starter motor was in the engine which repeats a halt and restart frequently, the extreme increment in a starter use count was caused, the starter and the life of the circumference component became short, and it had a possibility that engine restart might become impossible by breakage or consumption. Moreover, since the charge-and-discharge load of a dc-battery also increased with the increment in use of a starter, the life of a dc-battery became short, or at the time of a rainfall, when there was much discharge current, discharge of a dc-battery increased Nighttime etc., restart became impossible, and in other words, there were a charge of an AC dynamo and a possibility of a drive load having increased and causing aggravation of fuel consumption.

[0003] What carries out self-starting of the engine is known there by making the range of 5 degrees - 110 degrees stop a piston behind a top dead center at the time of a halt of an engine, and lighting, after injecting the fuel according to the air content in a cylinder at the time of starting as indicated by JP,11-125136,A. By this, the power which the starter motor consumed at the time of the conventional starting is reduced, lightweight-ization of a starter motor and auxiliary machinery is attained, or a starter is abolished completely, and it becomes possible to aim at the formation of small lightweight and cost cut of an engine system.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, about the method indicated by JP,11-125136,A, when this invention persons experimented, it became clear for self-starting to be impossible. That is, the multiple cylinder engine, for example, the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2, was taken for the example, and if the gas column used for self-starting is made into the 1st cylinder, occasionally [line / cylinder / 1st / expansion] cylinder [3rd] compression has started. Therefore, with the torque produced by combustion of the cylinder [1st] beginning, cylinder [3rd] compression could not be performed, but the engine stopped as it is, and it became clear that self-starting went wrong.

[0005] The purpose of this invention is to offer the possible engine starting system of self-starting, without using a starter.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, (1) This invention A fuel-injection means to inject a fuel directly into a cylinder, and a crank angle detection means to detect the crank angle at the time of an engine shutdown, In the engine starting system which the gas column which exists like an expansion line is detected [starting system], and a fuel is injected and lit [starting system], and makes an engine restart after an ignition means to light the gaseous mixture in a cylinder, and a halt of an engine At the time of restart, it has the low voltage compression control means to which the compressive

force of the gas column in a compression stroke is reduced. Self-starting may be carried out without reducing the compressive force which consumes the torque generated like the expansion line, and using a starter by this configuration.

[0007] (2) Make it the above-mentioned low-voltage compression control means consist of a control means which controls the closed stage of the inlet valve by the above-mentioned valve timing phase adjustable means preferably, in the above (1), at the time of fuel injection and ignition in a valve timing phase adjustable means control the closing motion timing of the inlet valve of the gas column in the above-mentioned compression stroke, and the gas column which exists like the above-mentioned expansion line, so that the inlet valve of the gas column in the above-mentioned compression stroke may open.

[0008] (3) Make the above-mentioned auxiliary exhaust valve become preferably, in the above (1), from the control means control so that the auxiliary exhaust valve prepared in the exhaust side of the gas column in the above-mentioned compression stroke and the above-mentioned auxiliary exhaust valve of the gas column which is in the above-mentioned compression stroke at the time of fuel injection and ignition in the gas column which exists like the above-mentioned expansion line may open the above-mentioned low voltage compression control means.

[0009] In order to attain the above-mentioned purpose, (4) Moreover, this invention A fuel-injection means to inject a fuel directly into a cylinder, and a crank angle detection means to detect the crank angle at the time of an engine shutdown, In the engine starting system which the gas column which exists like an expansion line is detected [starting system], and a fuel is injected and lit [starting system], and makes an engine restart after an ignition means to light the gaseous mixture in a cylinder, and a halt of an engine, it has the high-pressure expansion control means which enlarges expansion force at the time of the above-mentioned restart. Self-starting may be carried out without enlarging torque generated like the expansion line and using a starter by this configuration.

[0010] In the above (4) preferably (5) The above-mentioned high-pressure expansion control means The adjustable valve timing means which carries out adjustable [of the closing motion timing of the inlet valve of the gas column which exists like an inhalation-of-air line at the time of restart, and an exhaust valve], While controlling the above-mentioned adjustable valve timing means to close the above-mentioned inlet valve and exhaust valve of a gas column which exist like the above-mentioned inhalation-of-air line at the time of fuel injection and ignition in the gas column which exists like the above-mentioned expansion line, it is made to become the cylinder of this gas column from the control means which injects a fuel and lights it.

[0011] (6) In the above (5), the above-mentioned control means prepares like empty inhalation of air and an empty exhaust air line preferably at the back like expansion / exhaust air line of the gas column which exists like the above-mentioned inhalation-of-air line.

[0012] (7) Make it the above-mentioned high-pressure expansion control means consist of a high-pressure air supply means to supply high-pressure air to the gas column which exists like an expansion line at the time of restart, and a control means controlled to supply high-pressure air from the above-mentioned high-pressure air supply means at the time of fuel injection and ignition in the gas column which exists like the above-mentioned expansion line preferably in the above (4).

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the configuration of the engine starting system by the 1st operation gestalt of this invention is explained using drawing 1 - drawing 7 . First, drawing 1 is used and the whole engine starting system configuration by this operation gestalt is explained. In addition, in the following explanation, the multiple cylinder engine by this operation gestalt is used as the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2, and makes the 1st cylinder the gas column used for self-starting. Drawing 1 is the block diagram showing the whole engine starting system configuration by the 1st operation gestalt of this invention.

[0014] The fuel injection valve 10 is attached so that a direct fuel may be injected in a cylinder 20. The fuel quantity and injection timing which are injected from a fuel injection valve 10 are controlled by the control unit 30. The inlet valve 40 and the exhaust valve 50 are formed in the upper part of a cylinder 20. Moreover, the ignition plug 60 is formed in the upper part of a cylinder 20. The ignition timing by the ignition plug 60 is controlled by the control unit 30.

[0015] Through a connecting rod 72, the reciprocating motion of the piston 70 which moves up and down within a cylinder 20 is transmitted to a crankshaft 74, and rotates a crankshaft 74. Rotation of a crankshaft 74 rotates a ring gear 76 similarly.

[0016] The crank angle sensor 80 detects an engine rotational speed, i.e., angle of rotation of a crankshaft 74, using a ring wheel 76. The detected signal is incorporated by the control unit 30. A stopper 90 engages

with a ring gear 76, and suspends rotation of a crankshaft 74.

[0017] The valve timing phase adjustable device 44 is attached in the cam 42 to which an inlet valve 40 is moved. The valve timing phase adjustable device 44 can advance or delay closing motion of an inlet valve 40 to the crank angle set up beforehand, and is controlled by the control unit 30. The valve timing phase adjustable device 44 is formed only in the 3rd cylinder of the engines of a 4-cylinder. That is, when there is the 1st cylinder used for self-starting like an expansion line, the 3rd cylinder of the valve timing phase adjustable device 44 is formed in the gas column which is in a compression stroke and is in this compression stroke.

[0018] At the time of an engine shutdown, the detecting signal of the crank angle sensor 80 is used for a control unit 30, and it controls a stopper 90 so that a crank angle makes it stop in the location in which a starter loess start is possible. Moreover, a control unit 30 stops injection of the fuel from a fuel injection valve 10, and suspends supply of the ignition signal to an ignition plug 60 further. About the detail of the control at the time of the engine shutdown by the control unit 30, it uses drawing 2 and mentions later.

[0019] At the time of engine starting, the detecting signal of the crank angle sensor 80 was used for the control unit 30, and the inlet valve 40 and the exhaust valve 50 have closed it, and it detects the gas column which a piston 70 pushes a connecting rod 72, and is beginning to fall, namely, has it like an expansion line. And into the cylinder 20 of the gas column like an expansion line, a fuel is injected from a fuel injection valve 10, an ignition signal is supplied to an ignition plug 60, and the fuel spray in a cylinder 20 is lit. About the detail of the control at the time of engine starting by the control unit 30, it mentions later using drawing 4.

[0020] Next, the contents of control at the time of the engine automatic stay by the control unit of the engine starting system by this operation gestalt are explained using drawing 2. Drawing 2 is a flow chart which shows the contents of control at the time of the engine automatic stay by the control unit of the engine starting system by the 1st operation gestalt of this invention.

[0021] In steps s100-s120, a control unit 30 performs processing for checking that it is in the condition which the automobile has stopped certainly. That is, in step s100, a control unit 30 judges whether it is vehicle speed zero. Since it progresses to step s105 when the vehicle speed is zero, and the automobile has not stopped certainly when the vehicle speed is not zero, it returns to step s100. [0022] Next, in step s105, a control unit 30 judges whether the brake is stepped on. When the brake is stepped on, it progresses to step s110, and since the automobile has not stopped certainly when the brake is not stepped on, it returns to step s100.

[0023] Next, in step s110, a control unit 30 checks a navigation system. Here, when the navigation system is not directing right-turn, it progresses to step s115, and since it may turn to the right promptly after this and the automobile has not stopped certainly when the navigation system is directing right-turn, it returns to step s100.

[0024] Next, in step s115, a control unit 30 checks a turn signal. Here, when it progresses to step s120 when the turn signal is not directing right-turn, and the turn signal is directing right-turn, since it might turn to the right promptly after this, or the turn signal is turned on for start and the automobile has not stopped certainly, it returns to step s100.

[0025] Next, in step s120, a control unit 30 judges whether fixed time amount progress is carried out, after being in a idle state (after satisfying the requirements for steps s100-s115). When fixed time amount has passed, it progresses to step s125, and since the automobile has not stopped certainly when fixed time amount has not passed, it returns to step s100.

[0026] The requirements for steps s100-s120 are satisfied, and if it is judged that the automobile has stopped certainly, in step s125, a control unit 30 will suspend the fuel injection from a fuel injection valve 10. Furthermore, in step s130, a control unit 30 omits ignition by the ignition plug 30.

[0027] Next, in step s135, as for a control unit 30, an engine engine speed judges whether it is below the engine speed Nmin in front of an engine shutdown. Here, the rotational frequency Nmin in front of an engine shutdown is set for example, to 300rpm. If it supervises becoming below the engine speed Nmin in front of return and an engine shutdown to step s135 and becomes below the engine speed Nmin in front of an engine shutdown in being higher than the engine speed Nmin in front of an engine shutdown, it will progress to step s140.

[0028] Next, in step s140, a control unit 30 judges whether the 1st cylinder used for self-starting is a middle stage like an expansion line (after a top dead center 10 degrees - 140 degrees). If it becomes step s140 return and the middle stage when there is no 1st cylinder the middle stage like an expansion line (after a top dead center 10 degrees - 140 degrees), it will progress to step s145.

[0029] If the 1st cylinder is judged to be the middle stage like an expansion line, in step s145, a control unit 30 will operate a stopper 90 and will stop an engine compulsorily.

[0030] Next, in step s145, a control unit 30 memorizes the number of the gas column (this example the 1st cylinder) which injects a fuel first, and the crank angle at the time of an engine shutdown so that it can refer to at the time of next starter loess starting.

[0031] He is trying to stop compulsorily the gas column (an above-mentioned example the 1st cylinder) used for self-starting in this operation gestalt the middle stage like an expansion line (after a top dead center 10 degrees - 140 degrees), as explained above.

[0032] Here, the reason for making into the range of 10 degrees - 140 degrees the crank angle which stops the gas column (an above-mentioned example the 1st cylinder) used for self-starting behind a top dead center is explained using [drawing 3](#). [Drawing 3](#) is the explanatory view of the crank angle at the time of the engine automatic stay by the control unit of the engine starting system by the 1st operation gestalt of this invention.

[0033] Even when there is a gas column which it is going to use for starter loess starting like an expansion line even if, it cannot be made to start in the fields A and C shown with the slash. That is, near a compression top dead center (field A), since there are few air contents in a cylinder, a piston location is because the amount of gaseous mixture also decreases and a crankshaft cannot be accelerated to sufficient rotational frequency for engine starting by explosion of gaseous mixture. Moreover, unlike the case of a top dead center, a piston location can obtain much gaseous mixture near a bottom dead point (field C), but since sufficient torque cannot be acquired on the structure of a crank and an exhaust valve begins to open, it is because the rotational frequency of a crankshaft cannot fully be raised. Then, it is larger than about 10 degrees - 25 degrees, and he is trying to use the field B smaller than about 120 degrees - 140 degrees on the basis of a compression top dead center at the starter loess start by this operation gestalt.

[0034] Next, the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by this operation gestalt are explained using [drawing 4](#) - [drawing 7](#). [Drawing 4](#) is a flow chart which shows the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by the 1st operation gestalt of this invention.

[0035] In steps s200-s220 of [drawing 4](#), a control unit 30 secures the insurance at the time of engine restart. That is, in step s200, a control unit 30 judges whether it is vehicle speed zero. When the vehicle speed is zero, it progresses to step s205, and when it is not zero, it returns to step s200.

[0036] Next, in step s205, a control unit 30 judges whether the brake is stepped on. When the brake is stepped on, it progresses to step s210, and when the brake is not stepped on, it returns to step s200.

[0037] Next, in the case of a manual transmission (MT) vehicle, in step s210, a control unit 30 judges whether clutch pedal is stepped on. When clutch pedal is stepped on, it progresses to step s215, and when clutch pedal is not stepped on, it returns to step s200.

[0038] Moreover, in the case of an automatic transmission (AT) vehicle, in step s215, a control unit 30 judges whether a shift lever is in a drive (D) range. When it is in D range, it progresses to step s218, and since it is thought that there is no start intention of an operator when there is nothing to D range, it returns to step s200.

[0039] Next, since it is judged that an operator has a start intention when a shift lever is in D range, a brake pedal is detached in step s218 or the treading strength is similarly able to weaken below to a predetermined value in the case of an automatic-transmission car, it progresses to step s220. Since an operator does not have a start intention when the brake pedal is maintaining the treading strength beyond a predetermined value, it returns to step s200.

[0040] Next, in step s220, as for a control unit 30, water temperature judges whether it is more than T_{min} . If engine water temperature is low, since starter loess starting cannot be performed according to fricative increase, the water temperature signal is checked. When water temperature is more than T_{min} , it progresses to step s230, and when water temperature is lower than T_{min} , it progresses to step s225.

[0041] And when water temperature is lower than T_{min} , in step s225, a control unit 30 stops starter loess starting, and changes it to starter starting.

[0042] On the other hand, when water temperature is more than T_{min} , refer to the information on the crank angle at the time of starting memorized at the time of a halt of an engine (information memorized in step s150 of [drawing 2](#)) for a control unit 30 in step s230.

[0043] Next, in step s235, a control unit 30 controls the valve timing phase adjustable device 44, delays the phase of the inspired air flow path cam 42, and sets the closed stage of an intake valve 40 as 10 degrees (TDC-10") in front of a top dead center. As mentioned above, the valve timing phase adjustable device 44

has the 3rd cylinder in a compression stroke, when there is the 1st cylinder which it is prepared only in the 3rd cylinder of the engines of a 4-cylinder, and is used for self-starting like an expansion line. Here where the closed stage of the intake valve 40 in this cylinder [3rd] compression stroke is set as 10 degrees in front of a top dead center explains the contents of the cylinder [3rd] inhalation-of-air valve-lift control at the time of engine starting by the engine starting system by this operation gestalt using drawing 5. Drawing 5 is the explanatory view of the inhalation-of-air valve-lift control at the time of engine starting by the engine starting system by the 1st operation gestalt of this invention.

[0044] In drawing 5, the axis of abscissa shows time amount and shows each cylinder [3rd] stroke (expansion stroke like a compression line like an inhalation-of-air line like an exhaust air line). Moreover, the axis of ordinate shows each amount of valve lifts of an inlet valve 40 and an exhaust valve 50.

[0045] The continuous line E shows the amount of valve lifts of the usual exhaust valve 50 among drawing. like a cylinder [3rd] exhaust air line -- setting -- a small portion of BDC(s) -- an exhaust valve 50 begins to carry out a lift rise from before, and an exhaust valve 50 is closed after TDC. Moreover, the continuous line A shows the amount of valve lifts of the usual inlet valve 40. like a cylinder [3rd] inhalation-of-air line -- setting -- a small portion of TDC(s) -- an inlet valve 40 begins to carry out a lift rise from before, and an inlet valve 40 is closed after BDC. As mentioned above, the cylinder [3rd] inlet valve 40 is controlled by the usual actuation after BDC to close an inlet valve 40.

[0046] To it, at step s235, the control unit 30 controlled the valve timing phase adjustable device 44, delayed the phase of the inspired air flow path cam 42, and has set the closed stage of an intake valve 40 as 10 degrees (TDC-10") in front of a top dead center. That is, all over drawing, as a broken line B shows, the closed stage of an intake valve 40 is made into 10 degrees (TDC-10") in front of the top dead center. Consequently, the 3rd cylinder is made into the condition that the inlet valve 50 is open, also in the compression stroke.

[0047] In addition, in above-mentioned explanation, although the closed stage of the inlet valve 40 set up is made into the fixed value of 10 degrees (TDC-10") for example, in front of the top dead center, it can be made into the value according to a crank angle at the time of cylinder [1st] starting. For example, when much torque can be generated by the 1st cylinder, the closed stage of the cylinder [3rd] inlet valve 40 is early made into 30 degrees (TDC-30") in front of a top dead center, as for example, the alternate long and short dash line D shows, and a compression pressure can be raised. Moreover, when there is little generating torque, as for example, the two-dot chain line C shows, 2 degrees (TDC-2") of closed stages of an inlet valve 40 can be delayed in front of a top dead center, and it can also set up so that a compression pressure may be made low. That is, according to a crank angle, it can also carry out adjustable in 2 degrees (TDC-2") in front of a top dead center from 30 degrees (TDC-30") in front of a top dead center at the time of cylinder [1st] starting.

[0048] Next, in step s240 of drawing 4, based on the crank angle referred to in step s230, a control unit 30 computes the volume of the 1st cylinder, i.e., the air content in the 1st cylinder, and determines the fuel oil consumption which serves as a predetermined air-fuel ratio (A/F) to this computed air content. That is, since there are few air contents when a piston is close to a top dead center, fuel injection is also lessened, and when a piston is conversely close to a bottom dead point, since there are many air contents, fuel oil consumption also increases.

[0049] Next, in step s245, a control unit 30 controls a fuel injection valve, and injects the fuel of the injection quantity determined at step s240 in the cylinder [1st] cylinder.

[0050] Next, in step s250, after progress of predetermined time (time amount to which evaporation of a fuel fully progresses), a control unit 30 flies an ignition signal with delivery and an ignition plug 60 to the 1st cylinder, and lights an ignition spark after the fuel injection by step s245. When lit by the fuel spray, a fuel burns, expansion force occurs and it generates like the expansion line which depresses a piston in the 1st cylinder.

[0051] Since the inlet valve 40 is open and a compression pressure falls, the work required for compression decreases, and the 3rd cylinder of a cylinder [3rd] compression top dead center which is in a compression stroke at this time is crossed, without dropping the running torque produced by cylinder [1st] combustion beyond the need.

[0052] Next, in step s255, a control unit 30 judges whether starting was successful. A success of starting is judged by whether the engine rotational frequency became more than the predetermined rotational frequency (for example, 300rpm). In addition, since the engine has not resulted in perfect rotation at this time, it judges by whether the rotational speed (angular velocity) of a ring gear 76 became more than the rotational speed at the time of 300rpm. If starting is successful, when it will progress to step s280 and

starting will not be successful, it progresses to step s260.

[0053] When engine starting is successful, in step s280, a control unit 30 returns to the usual setup what had set the closed stage of an intake valve 40 as 10 degrees (TDC-10") in front of the top dead center according to the valve timing phase adjustable device 44. That is, it returns to the property of a continuous line A from the property of a broken line C which showed the amount of valve lifts of an intake valve 40 in drawing 5 . And in step s285, a control unit 30 is changed to the operation control of the usual engine.

[0054] On the other hand, if it is judged by the judgment of step s255 that starting was not successful, in step s260, a control unit 30 will judge whether there is any gas column of a crank angle with the suitable middle stage as the expansion line which is not used for starting. If the gas column of a crank angle with the as suitable middle stage as the expansion line which is not used for starting becomes, it progresses to step s270, and a control unit 30 will stop starter loess starting, and will change it to starter starting. If there is a gas column of a crank angle with the suitable middle stage as the expansion line which is not used for starting, it will progress to step s275.

[0055] When there is a gas column like the expansion line which is not used for starting, refer to No and the crank angle of another gas column which exist like a current expansion line for a control unit 30 in step s275. Since it is the 3rd cylinder to become like an expansion line at a cylinder [1st] degree when it considers as the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2 and the gas column used for self-starting is made into the 1st cylinder, a cylinder [3rd] crank angle is referred to. And cylinder [3rd] fuel injection and ignition are carried out, and next combustion is made to perform by performing return and steps s240-s250 to step s240.

[0056] Here, when the 3rd cylinder is like [expansion line], it is the 4th cylinder that it is in a compression stroke. Since the 4th cylinder is not equipped with the valve timing phase adjustable device 44, when there is the 3rd cylinder like an expansion line, cylinder [4th] compressive force is the usual compressive force, but by cylinder [1st] combustion like the continued line, since the crankshaft has begun rotation, the rotation driving force by cylinder [3rd] expansion can join the inertial force, and it can overcome cylinder [4th] compressive force, and can be led to a starting success. At the time of a starting success, it changes to the usual operation through processing of steps s280 and s285.

[0057] Here, correlation of each stroke of the starter loess start by this operation gestalt mentioned above is explained using drawing 6 . Drawing 6 is the explanatory view of each stroke at the time of engine starting by the engine starting system by the 1st operation gestalt of this invention. In drawing 6 , the axis of abscissa shows time amount (stroke). Moreover, the axis of ordinate shows each 1st, 3rd, 4th, and 2nd gas column.

[0058] About by the 1st line, there is the 1st cylinder like an expansion line and the 3rd cylinder is in a compression stroke. Then, the fuel spray is burned in the 1st cylinder by processing of steps s245 and s250 of drawing 4 . Although it is a compression stroke since the timing which a cylinder [3rd] inlet valve closes is behind by processing of step s235 at this time and the inlet valve is open, it is small low voltage compression (in drawing 6 , in order to distinguish from the usual compression stroke, it is illustrating with (compression)) of that compressive force. About by the 1st line, if starting is successful, the stroke of the usual four cycle will be repeated for every gas column, and about the 2nd line will be in the usual operational status henceforth.

[0059] Moreover, even when starting is not successful by about the 1st line, the 3rd cylinder has become like the expansion line and the fuel spray is burned in the 3rd cylinder by processing of steps s245 and s250 of drawing 4 about at the 2nd line. By cylinder [1st] combustion like that continued line, although the 4th cylinder is the usual compression stroke at this time, since the crankshaft has begun rotation, the rotation driving force by cylinder [3rd] expansion can join that inertial force, and it can overcome cylinder [4th] compressive force, and can be led to a starting success. At the time of a starting success, it changes to the usual operation.

[0060] In addition, in the above explanation, although the valve timing phase adjustable device 44 is formed only in the 3rd cylinder, it may be prepared also in the 4th cylinder. By it, since the cylinder [4th] compression stroke of about the 2nd line can be made into a low voltage compression stroke, it can make starting more reliable. In this case, as a broken line shows after processing of step s275 of drawing 4 , after considering as 10 degrees (TDC-10") in front of a top dead center, processing for example, after step s240 is performed for return and a cylinder [4th] intake valve close stage to step s235.

[0061] Here, the engine speed at the time of engine starting by the engine starting system by this operation gestalt and transition of torque are explained using drawing 7 . Drawing 7 is an engine speed at the time of engine starting by the engine starting system by the 1st operation gestalt of this invention, and the explanatory view of transition of torque. Time amount is shown on an axis of abscissa by drawing 7 (A),

and the engine speed is shown on the axis of ordinate. Time amount is shown on an axis of abscissa by drawing 7 (B), and it shows the torque rotational frequency generated on an axis of ordinate. In addition, a continuous line shows the condition by this operation gestalt, and the broken line shows the condition by the conventional example.

[0062] In drawing 7 (B), the continuous line G1 shows the torque generated by cylinder [1st] combustion which is a starting gas column. On the other hand, in drawing 7 (B), broken-line G3 old shows the torque consumed by the 3rd cylinder in a compression stroke. Therefore, the torque G1 generated by cylinder [1st] combustion is consumed as torque G3 old by the 3rd cylinder in a compression stroke. In drawing 7 (A), although the broken line Fold shows transition of the cylinder [1st] engine speed which is a starting gas column, an engine speed will fail in engine starting, without going up so that it may illustrate.

[0063] On the other hand, in drawing 7 (B), continuous-line G3 new shows the torque consumed by the 3rd cylinder, when a compression stroke is considered as constant-pressure compression by using the valve timing phase adjustable device 44 by this operation gestalt. Since compression torque G3 new consumed according to this operation gestalt is smaller than conventional compression torque G3 old, the torque G1 generated by cylinder [1st] combustion is not completely consumed by torque G3 new by the 3rd cylinder in a compression stroke. In drawing 7 (A), although the continuous line Fnew shows transition of the cylinder [1st] engine speed which is a starting gas column, since an engine speed goes up again by the cylinder [3rd] following generating torque (continuous-line G3 new of drawing 7 (B)), without falling completely, it can succeed engine starting, so that it may illustrate.

[0064] Self-starting can be enabled without using a starter according to this operation gestalt, since the compressive force in a compression stroke can be reduced as explained above. In addition, with the latest engine, there is a thing equipped with the valve timing phase adjustable device, and self-starting can be enabled only by control of an engine, without adding a new device with this engine.

[0065] Next, the configuration of the engine starting system by the 2nd operation gestalt of this invention is explained using drawing 8 and drawing 9. The multiple cylinder engine by this operation gestalt is used as the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2 like the 1st operation gestalt, and makes the 1st cylinder the gas column used for self-starting. The whole engine starting system configuration by this operation gestalt is explained to the beginning. Drawing 8 is the block diagram showing the whole engine starting system configuration by the 2nd operation gestalt of this invention. In addition, the same sign as drawing 1 shows the same part.

[0066] In the 1st operation gestalt, to the inlet valve 40 having been equipped with the valve timing phase adjustable device 44, it did not have this valve timing phase adjustable device 44, but it equips the exhaust valve 50 side with the auxiliary exhaust valve 100 and the decompression-device device 102 instead with this operation gestalt. When making into the 1st cylinder the gas column used for self-starting, the auxiliary exhaust valve 100 and the decompression-device device 102 are formed in the 3rd cylinder in a compression stroke. The auxiliary exhaust valve 100 is an exhaust valve smaller than an exhaust valve 50. The decompression-device device 102 is an actuator which opens and closes the auxiliary exhaust valve 100.

[0067] With this operation gestalt, when performing combustion for self-starting in the 1st cylinder which exists like an expansion line, control unit 30A operates the cylinder [3rd] decompression-device device 102 in a compression stroke, opens the auxiliary exhaust valve 100, reduces cylinder [3rd] compressive force, and is taken as low voltage compression like the operation gestalt shown in drawing 1.

[0068] Next, the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by this operation gestalt are explained using drawing 9. Drawing 9 is a flow chart which shows the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by the 2nd operation gestalt of this invention. In addition, the same sign as the flow chart shown in drawing 4 shows the contents of the same processing.

[0069] In steps s200-s220 of drawing 9, control unit 30A secures the starting conditions at the time of engine restart, and detects a start intention of an operator. And it progresses after step s230. And refer to the information on the crank angle at the time of starting memorized at the time of a halt of an engine (information memorized in step s150 of drawing 2) for control unit 30A in step s230.

[0070] Next, in step s235A, control unit 30A operates the decompression-device device 102, opens the auxiliary exhaust valve 100 and misses a cylinder [3rd] compression pressure until it becomes 10 degrees (TDC-10") before the set-up crank angle, for example, a top dead center. Thereby, like the 1st operation gestalt, at the time of starter loess starting, the cylinder [3rd] compressive force in a compression stroke can be reduced, and it can consider as a low voltage compression condition.

[0071] In addition, although the closed stage of the auxiliary exhaust valve 100 is made into the fixed value

of 10 degrees (TDC-10") for example, in front of the top dead center, it can be made into the value according to a crank angle at the time of cylinder [1st] starting. For example, when much torque can be generated by the 1st cylinder, the closed stage of the cylinder [3rd] auxiliary exhaust valve 100 is early made into 30 degrees (TDC-30") for example, in front of a top dead center, and a compression pressure can be raised. Moreover, when there is little generating torque, 2 degrees (TDC-2") of closed stages of the auxiliary exhaust valve 100 can be delayed for example, in front of a top dead center, and it can also set up so that a compression pressure may be made low. That is, according to a crank angle, it can also carry out adjustable in 2 degrees (TDC-2") in front of a top dead center from 30 degrees (TDC-30") in front of a top dead center at the time of cylinder [1st] starting.

[0072] Hereafter, control unit 30A generates expansion force by burning a cylinder [1st] fuel by performing processing of drawing 4 of step s240-285. Since the auxiliary exhaust valve 100 is open and a compression pressure falls, the 3rd cylinder which is in a compression stroke at this time succeeds in engine starting by the work required for compression decreasing, and crossing a cylinder [3rd] compression top dead center, without dropping the running torque produced by cylinder [1st] combustion beyond the need. At the time of a starting success, it changes to the usual operation through processing of steps s280 and s285.

[0073] In addition, in the above explanation, although the auxiliary exhaust valve 100 and the decompression-device device 102 are formed only in the 3rd cylinder, they may be prepared also in the 4th cylinder and all gas columns. By it, since the cylinder [4th] compression stroke of about the 2nd line can be made into a low voltage compression stroke, it can make starting more reliable.

[0074] Self-starting can be enabled without using a starter according to this operation gestalt, since the compressive force in a compression stroke can be reduced as explained above. Moreover, since an exhaust valve is opened and existing combustion gas is attracted in a cylinder, by injecting a fuel to this hot existing combustion gas, it is easy to evaporate the fuel spray and ignition can be ensured.

[0075] Next, the configuration of the engine starting system by the 3rd operation gestalt of this invention is explained using drawing 10 - drawing 12 . The multiple cylinder engine by this operation gestalt is used as the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2 like the 1st operation gestalt, and makes the 1st cylinder the gas column used for self-starting. First, drawing 10 is used and the whole engine starting system configuration by this operation gestalt is explained. Drawing 10 is the block diagram showing the whole engine starting system configuration by the 3rd operation gestalt of this invention. In addition, the same sign as drawing 1 R> 1 shows the same part.

[0076] In the 1st and 2nd operation gestalten, it is made to perform high-pressure expansion which heightens expansion force in this operation gestalt to having considered as the low voltage compression to which compressive force is reduced. Therefore, in this operation gestalt, the inlet valve 40 is equipped with the adjustable valve timing device 46, and the exhaust valve 50 is equipped with the adjustable valve timing device 56. In the case of the 4-cylinder engine, all gas columns are equipped with the adjustable valve timing devices 46 and 56. The adjustable valve timing devices 46 and 56 are controllable in closing motion of an inlet valve 40 and an exhaust valve 50 using electromagnetic force, and a closing motion stage is controlled by the control signal from control unit 30B.

[0077] With this operation gestalt, by supposing that it is two or more gas columns from which a stroke is different like the expansion line for starter loess starting to coincidence, and originally, using them, the torque like an expansion line higher than before is generated, and starter loess starting is enabled.

[0078] Next, the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by this operation gestalt are explained using drawing 11 and drawing 12 . Drawing 11 R> 1 is a flow chart which shows the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by the 3rd operation gestalt of this invention. In addition, the same sign as drawing 1 shows the contents of the same processing. Especially with this operation gestalt, the description is in the contents of processing of step s235B, s245B, s250B, s252, and s275B.

[0079] Moreover, drawing 12 is the explanatory view of each stroke at the time of engine starting by the engine starting system by the 3rd operation gestalt of this invention. In drawing 12 , the axis of abscissa shows time amount (stroke). Moreover, the axis of ordinate shows each 1st, 3rd, 4th, and 2nd gas column.

[0080] In steps s200-s220 of drawing 11 , control unit 30B secures the starting conditions at the time of engine restart, and detects a start intention of an operator. Then, in step s220, control unit 30B judges whether it is more than Tmin, and when engine water temperature is low, in step s225, water temperature stops starter loess starting and changes control unit 30B to starter starting.

[0081] On the other hand, when water temperature is more than Tmin, refer to the information on the crank

angle at the time of starting memorized at the time of a halt of an engine (information memorized in step s150 of drawing 2) for control unit 30B in step s230B.

[0082] Next, in step s235B, when using for starting is the 1st cylinder, further, control unit 30B controls the cylinder [4th] adjustable bubble timing devices 46 and 56 which they are originally like an inhalation-of-air line, and closes an inlet valve 40 and an exhaust valve 50.

[0083] Next, in step s240, based on the crank angle referred to in step s230B, control unit 30B computes the volume of the 1st cylinder, i.e., the air content in the 1st cylinder, and determines the fuel oil consumption which serves as a predetermined air-fuel ratio (A/F) to this computed air content. That is, since there are few air contents when a piston is close to a top dead center, fuel injection is also lessened, and when a piston is conversely close to a bottom dead point, since there are many air contents, fuel oil consumption also increases. While this fuel oil consumption is the fuel oil consumption to the 1st cylinder, it also turns into fuel oil consumption to the 4th cylinder.

[0084] Next, in step s245B, control unit 30B controls a fuel injection valve, and injects to coincidence the fuel of the injection quantity determined at step s240 in the cylinder (the 1st cylinder and the 4th cylinder), respectively.

[0085] Next, in step s250B, after progress of predetermined time (time amount to which evaporation of a fuel fully progresses), control unit 30B flies an ignition signal with delivery and an ignition plug 60, and lights an ignition spark after the fuel injection by step s245B at the 1st cylinder and the 4th cylinder, respectively. When lit by the fuel spray, a fuel burns, expansion force occurs and it generates like the expansion line which depresses a piston in coincidence in the 1st cylinder and the 4th cylinder.

[0086] Here, as shown in drawing 12 , the 1st cylinder and the 4th cylinder become like an expansion line about by the 1st line at coincidence. Therefore, torque to generate can be enlarged compared with the example shown in drawing 6 , being able to use expansion force as twice. Although torque is consumed since the 3rd cylinder is the usual compression stroke at this time, since the torque to generate is large, self-starting can be made successful.

[0087] Next, in step s252, control unit 30B judges whether about the 2nd line was completed. When having not ended, after progressing to step s275B and ending, it progresses to step s255.

[0088] When about the 1st line is completed, since about the 2nd line is not ended yet, refer to No and the crank angle of another gas column which exist like a current expansion line for control unit 30B in step s275B. Since becoming like an expansion line next are the 3rd cylinder and the 2nd cylinder when it considers as the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2 and the gas column used for self-starting is made into the 1st cylinder and the 4th cylinder, a cylinder [3rd] crank angle is referred to, for example. And fuel injection of the 3rd cylinder and the 2nd cylinder ** and ignition are carried out, and next combustion is made to perform by performing return and step s235 B-s250B to step s235B.

Consequently, as shown in drawing 12 , the 3rd cylinder and the 2nd cylinder become like an expansion line about by the 2nd line at coincidence. Therefore, torque to generate can be enlarged compared with the example shown in drawing 6 , being able to use expansion force as twice. Since the torque which consumption of torque does not almost have and is generated since the 1st cylinder and the 4th cylinder are like an exhaust air line at this time is large, self-starting can be made successful.

[0089] After about the 2nd line is completed, in step s255, control unit 30B judges whether starting was successful. If starting is successful, when it will progress to step s285 and starting will not be successful, it progresses to step s270.

[0090] When engine starting is successful, in step s285, control unit 30B is changed to the operation control of the usual engine.

[0091] On the other hand, if it is judged by the judgment of step s255 that starting was not successful, in step s270, control unit 30B will stop starter loess starting, and will change it to starter starting.

[0092] In addition, in the example shown in drawing 12 , although a crankshaft rotates one time about by the 4th line from about the 1st line, it supposes the inhalation-of-air line which does not contribute the 4th cylinder to combustion (is hereafter called "empty inhalation of air"), and suppose the exhaust air line which does not contribute the 4th cylinder to combustion (is hereafter called "empty exhaust air") about by the 4th line at about the 3rd line. Similarly, the 2nd cylinder is made into empty inhalation of air, and the 2nd cylinder is considered as empty exhaust air about by the 5th line at about the 4th line. By this, it can double, scavenging in a cylinder can be performed, and the combustion efficiency of degree stroke can be raised.

[0093] In addition, although about the 1st cylinder [3rd] line is a compression stroke in above-mentioned explanation as shown in drawing 12 The timing to which control unit 30B controls the adjustable valve timing device 46, and closes an inlet valve 40 by for example, the thing delayed to 10 degrees in front of a

top dead center Except for resistance by cylinder [3rd] work of compression, an engine speed can be smoothly raised like the 1st operation gestalt at the time of starter loess starting. Or instead of closing an inlet valve 40 late, the adjustable valve timing device 56 may be controlled, an exhaust valve 50 may be opened, and a compression pressure may be missed.

[0094] Self-starting can be enabled without using a starter, since the expansion force which can be set like an expansion line can be improved according to this operation gestalt as explained above. In addition, with an engine equipped with the adjustable valve timing device, self-starting can be enabled only by control of an engine, without adding a new device.

[0095] Next, the configuration of the engine starting system by the 4th operation gestalt of this invention is explained using drawing 13 - drawing 15 . The multiple cylinder engine by this operation gestalt is used as the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2 like the 1st operation gestalt, and makes the 1st cylinder the gas column used for self-starting. First, drawing 13 is used and the whole engine starting system configuration by this operation gestalt is explained. Drawing 13 is the block diagram showing the whole engine starting system configuration by the 4th operation gestalt of this invention. In addition, the same sign as drawing 1 R> 1 shows the same part.

[0096] In the 3rd operation gestalt, it receives a thing, and with this operation gestalt, while sending in high-pressure air compulsorily in a cylinder, it is made to perform high-pressure expansion by injecting the fuel according to the air content which it is made to perform high-pressure expansion which heightens expansion force by supposing at coincidence that it is an expansion line about two gas columns. By this high-pressure expansion, the torque like an expansion line higher than before is generated, and starter loess starting is enabled.

[0097] Therefore, in this operation gestalt, it has the auxiliary inlet valve 110 and the air tank 120. The auxiliary inlet valve 110 is the inspired air flow path of the gas column which exists like an expansion line in the case of starter loess starting, and is prepared in the location of the outlet of an air tank 120. The auxiliary inlet valve 110 is opened and closed by the actuator 112. An actuator 112 is controlled by control unit 30C.

[0098] Moreover, into the air tank 120, the air pressurized by the air pump 122 is accumulated. The pressure inside an air tank 120 is detected by the pressure sensor 124, and is incorporated by control unit 30C. When the pressure sensor for grasping a combustion condition is attached in the cylinder 20, you may substitute for a pressure sensor 142. At the time of moderation of a car, it connects with a driving shaft and an air pump 122 is operated. Thus, the moderation energy of a car can be used effectively by constituting. In addition, you may make it drive an air pump 122 by the motor. Furthermore, an air pump is not formed but you may make it accumulate the pressure of inhalation of air at the time of positive pressure into an air tank 120 by a one-way bulb etc. especially in an engine with a supercharger. Moreover, the compression pressure of a cylinder can also be introduced by actuation of an actuator 112 at the time of the engine brake of a car. In this case, it is not necessary to operate an air pump 122. Volume-of-combustion-chamber extent in an engine top dead center is sufficient as the volume of an air tank 120, and it also makes the pressure 2 - 10 atmospheric-pressure extent.

[0099] Next, the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by this operation gestalt are explained using drawing 14 and drawing 15 . Drawing 14 R> 4 is a flow chart which shows the contents of control at the time of engine starting by the control unit of the engine starting system by the 4th operation gestalt of this invention. In addition, the same sign as drawing 1 shows the contents of the same processing. Especially with this operation gestalt, the description is in step s232,234,240C and the contents of processing of s277 and s279.

[0100] Moreover, drawing 15 is the explanatory view of each stroke at the time of engine starting by the engine starting system by the 4th operation gestalt of this invention. In drawing 15 , the axis of abscissa shows time amount (stroke). Moreover, the axis of ordinate shows each 1st, 3rd, 4th, and 2nd gas column.

[0101] In steps s200-s220 of drawing 14 , control unit 30C secures the starting conditions at the time of engine restart, and detects a start intention of an operator. Then, in step s220, control unit 30C judges whether it is more than T_{min}, and when engine water temperature is low, in step s225, water temperature stops starter loess starting and changes control unit 30C to starter starting.

[0102] On the other hand, when water temperature is more than T_{min}, refer to the information on the crank angle at the time of starting memorized at the time of a halt of an engine (information memorized in step s150 of drawing 2) for a control unit 30 in step s230.

[0103] Next, in step s232, control unit 30C detects the internal pressure of an air tank 120 with a pressure sensor 124, and control unit 30C memorizes. In addition, before performing starter loess starting, the

pressure up of the internal pressure of an air tank 120 is beforehand carried out to two to 10 atmospheric pressure.

[0104] Next, in step s232, control unit 30C operates an actuator 112, opens the auxiliary inlet valve 110, and introduces the compressed air in a cylinder 20.

[0105] Next, in step s240C, based on the internal pressure of the air tank 120 detected and memorized at the crank angle and step s232 which were referred to in step s230, control unit 30C computes the air content in the 1st cylinder, and determines the fuel oil consumption which serves as a predetermined air-fuel ratio (A/F) to this computed air content.

[0106] Next, in step s245, control unit 30C controls a fuel injection valve, and injects the fuel of the injection quantity determined by step s240C in the cylinder [1st] cylinder.

[0107] Next, in step s250, after progress of predetermined time (time amount to which evaporation of a fuel fully progresses), control unit 30C flies an ignition signal with delivery and an ignition plug 60 to the 1st cylinder, and lights an ignition spark after the fuel injection by step s245. When lit by the fuel spray, a fuel burns, expansion force occurs and a piston is depressed.

[0108] Here, like the expansion line at this time, as shown in drawing 15 , although the 1st cylinder becomes like an expansion line about by the 1st line, since the fuel is injected to high-pressure air, the more usual expansion line can enlarge torque which expansion force serves as big high-pressure expansion (it is illustrating as [expansion] in drawing 15), and a twist also generates. Although torque is consumed since the 3rd cylinder is the usual compression stroke at this time, since the torque generated in the 1st cylinder is large, self-starting can be made successful.

[0109] Next, in step s255, control unit 30C judges whether starting was successful. If starting is successful, when it will progress to step s285 and starting will not be successful, it progresses to step s260.

[0110] When engine starting is successful, in step s285, a control unit 30 is changed to the operation control of the usual engine.

[0111] On the other hand, if it is judged by the judgment of step s255 that starting was not successful, in step s260, control unit 30C will judge whether there is any gas column of a crank angle with the suitable middle stage as the expansion line which is not used for starting. If there is no gas column of a crank angle with the suitable middle stage as the expansion line which is not used for starting, it progresses to step s270, and control unit 30C will stop starter loess starting, and will change it to starter starting. If there is a gas column of a crank angle with the suitable middle stage as the expansion line which is not used for starting, it will progress to step s275.

[0112] When there is a gas column like the expansion line which is not used for starting, refer to No and the crank angle of another gas column which exist like a current expansion line for a control unit 30 in step s275. Since it is the 3rd cylinder to become like an expansion line at a cylinder [1st] degree when it considers as the 4-cylinder engine lit in order of each gas column of 1-3-4-2 and the gas column used for self-starting is made into the 1st cylinder, a cylinder [3rd] crank angle is referred to.

[0113] Next, in step s277, as for control unit 30C, the internal pressure of an air tank 120 judges whether it is beyond a reference value (for example, two atmospheric pressures). With a reference value [beyond], by performing return and step s240 C-s250 to step s240C, carry out cylinder [3rd] fuel injection and ignition, next combustion is made to perform, and expansion force is obtained by high-pressure expansion. In addition, the air tank 120 and the auxiliary inlet valve 110 are formed also in the 3rd cylinder.

[0114] Moreover, when the internal pressure of an air tank does not fulfill a reference value, in step s279, control unit 30C operates an air pump 122, and is filled up with the compressed air in an air tank 120. Then, by performing return and step s240 C-s250 to step s240C, carry out cylinder [3rd] fuel injection and ignition, next combustion is made to perform, and expansion force is obtained by high-pressure expansion.

[0115] Since air is quickly introduced in a cylinder 20 from the auxiliary inlet valve 110 as mentioned above, the turbulence in a cylinder 20 can be promoted, mixing of a fuel and air can be promoted, combustion efficiency can be improved, and operating fuel quantity can also be stopped.

[0116] In addition, what is necessary is to form the auxiliary inlet valve 110 only in the 3rd cylinder, when the gas column first used by starter loess starting is decided (for example, when it is the 1st cylinder), and when the gas column used first is arbitration, it is necessary to prepare it in all gas columns. Even in such a case, an air tank 120, an air pump 122, and a pressure sensor 124 are good at one, and should just be equipped with piping to each cylinder, respectively.

[0117] Self-starting can be enabled without using a starter, since the expansion force which can be set like an expansion line can be improved according to this operation gestalt as explained above.

[0118] In addition, with each above-mentioned operation gestalt, although the case of a 4-cylinder engine

was mainly described, if it has the device which injects a fuel in a cylinder, effectiveness can mainly be acquired using the same means with the engine more than 2 cylinder. Moreover, although fuel injection and ignition are first performed for the 1st cylinder for explanation, of course, fuel injection and lighting are [1st] possible [in other gas columns] by the crank angle.

[0119] Moreover, although each operation gestalt was considered as the configuration which stops an engine mechanically with the stopper 90, if the gas column first used for combustion as mentioned above is not limited, except for the case where a crank angle is a top dead center or near a bottom dead point, it is not necessary to necessarily use a stopper device. Moreover, the location of an outline request can also be made to stop a crank angle by controlling closing motion of induction-exhaust valves 40 and 50 in the 3rd operation gestalt further by controlled and using the decompression-device device 102 in the 2nd operation gestalt.

[0120] Having engine automatic-stay / starting function, since an engine can be restarted according to each operation gestalt of this invention, without using a starter as explained above, the operating frequency of a starter motor can be stopped and the dependability of a starter can be raised. Moreover, the power used of a starter can be saved and fuel consumption can be raised. Furthermore, by the engine shutdown at the time of an idling, an unnecessary idling can be prevented, the amount of exhaust gases, the noise, and vibration can be suppressed, and fuel consumption can be raised. Moreover, a possibility that an engine speed may decrease and starting may go wrong by the work of compression of another gas column which is in a compression stroke at the time of combustion of the first gas column disappears, and smooth starting can be performed.

[0121]

[Effect of the Invention] According to this invention, engine self-starting is attained, without using a starter.

[Translation done.]

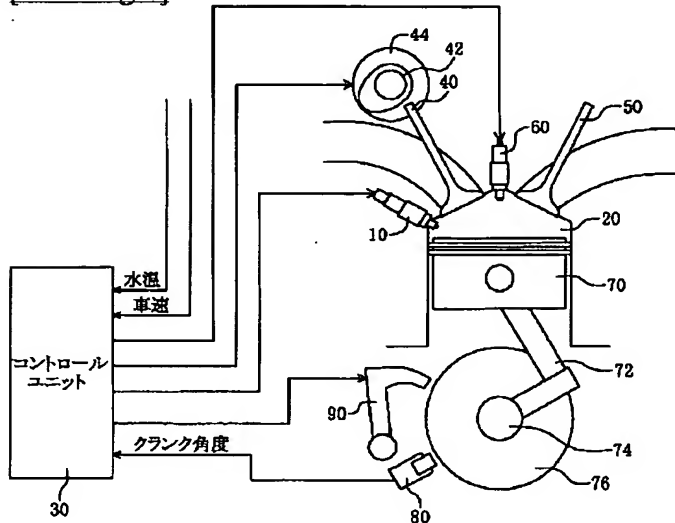
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

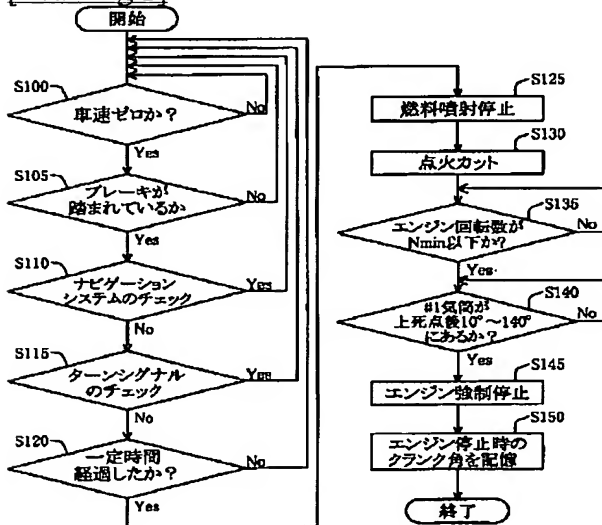
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

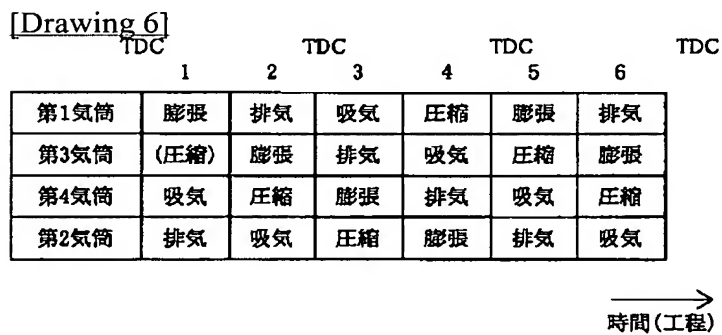
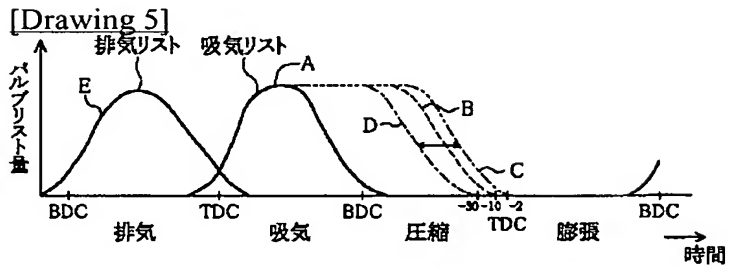
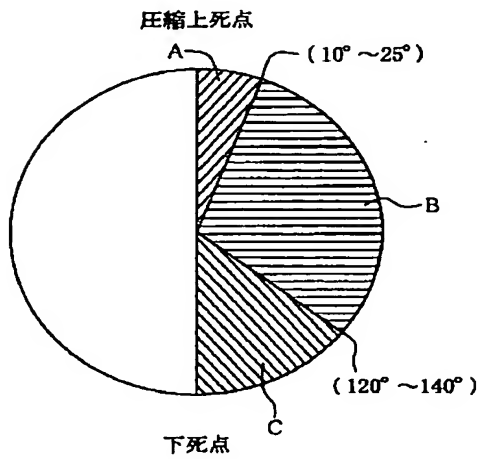
[Drawing 1]



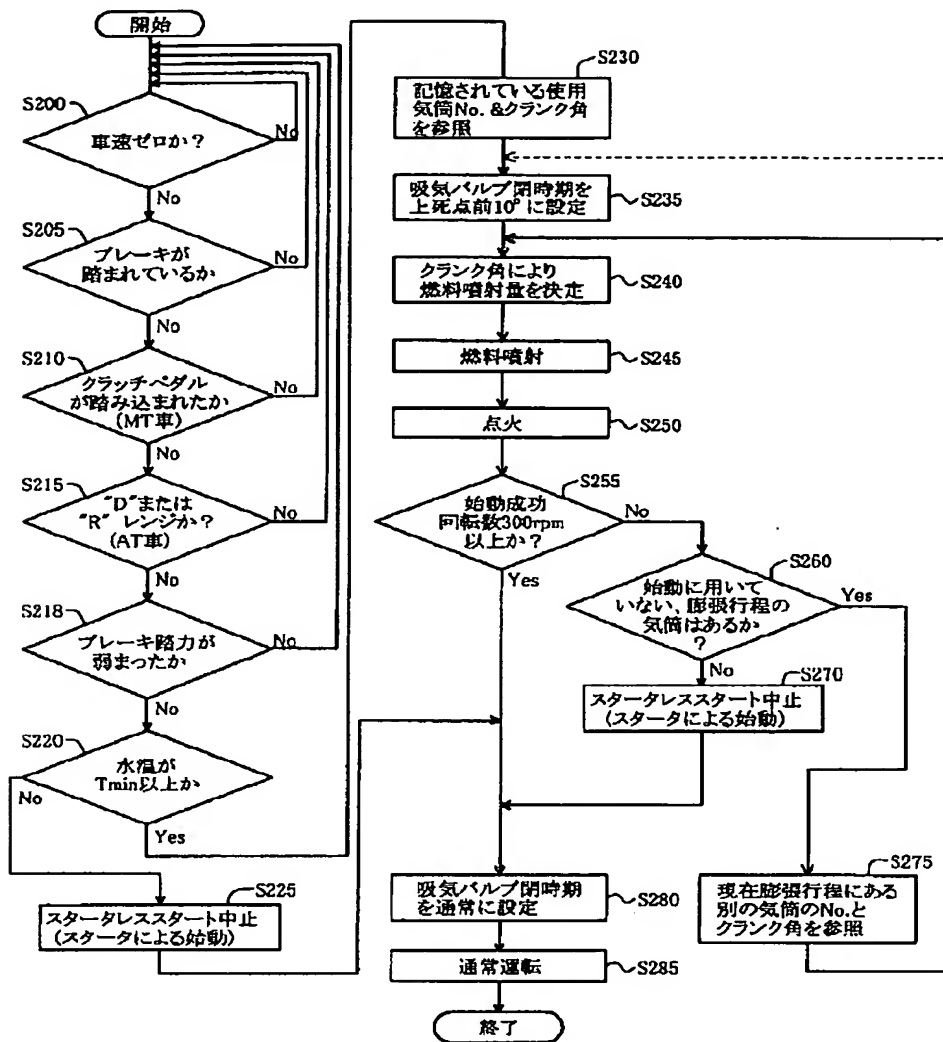
[Drawing 2]



[Drawing 3]

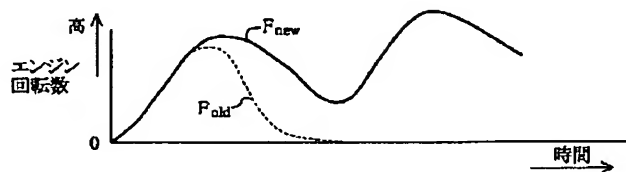


[Drawing 4]

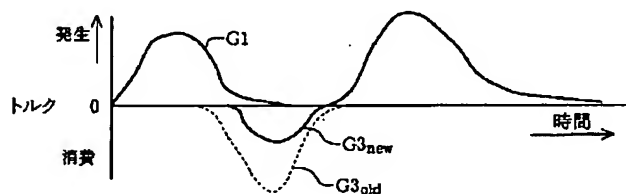


[Drawing 7]

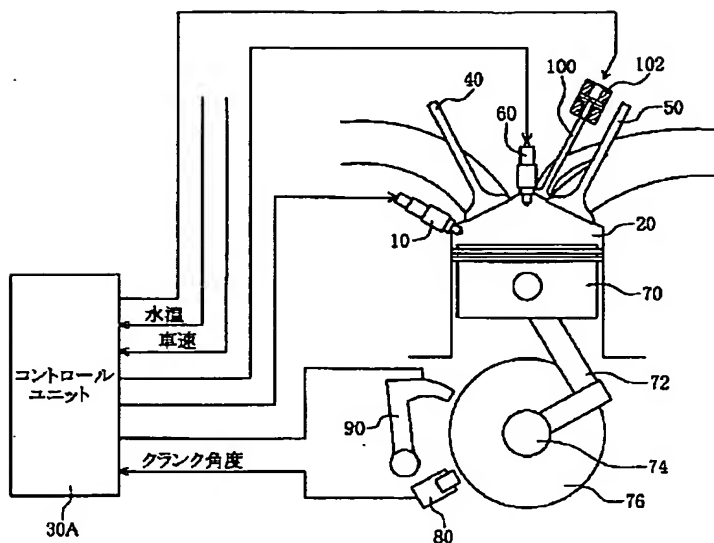
(A)



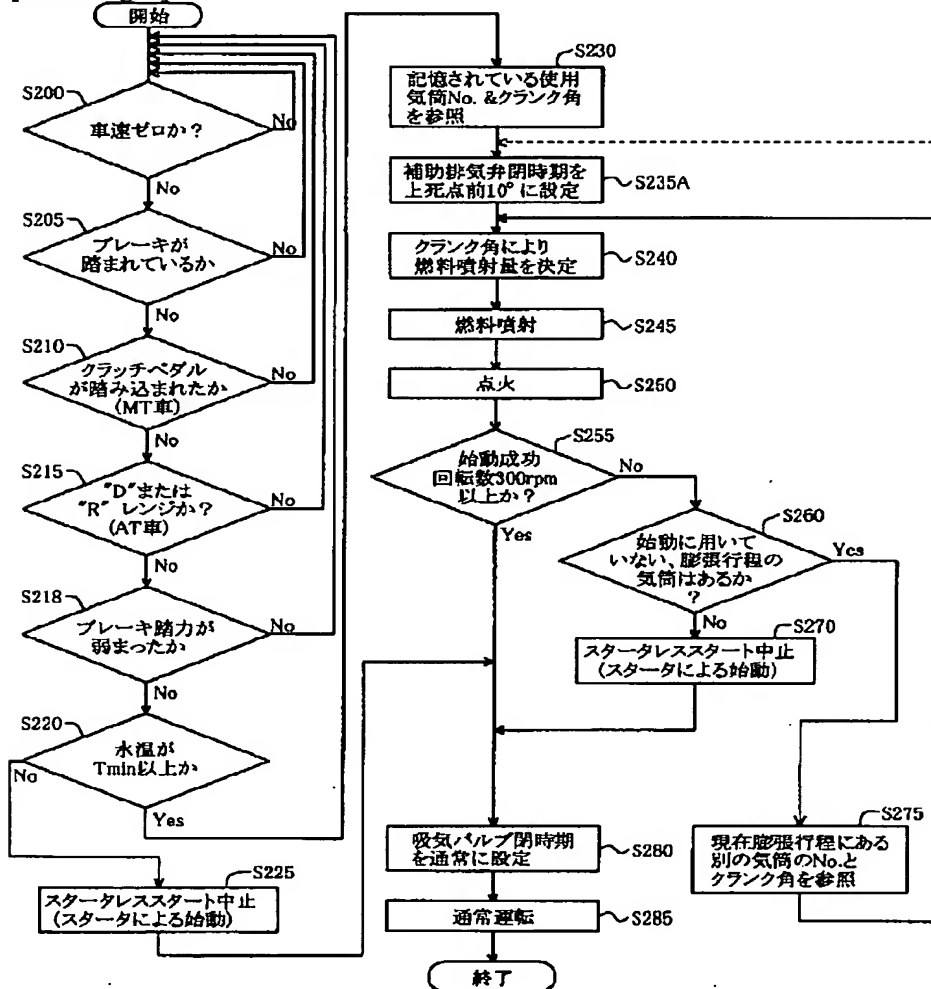
(B)



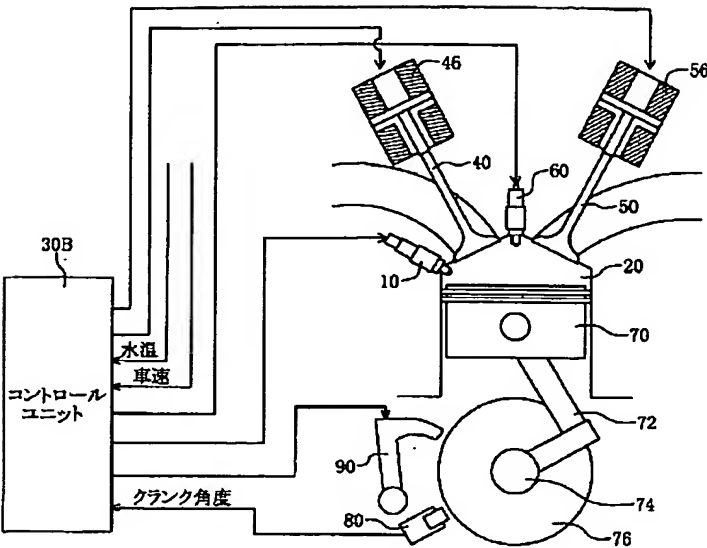
[Drawing 8]



[Drawing 9]



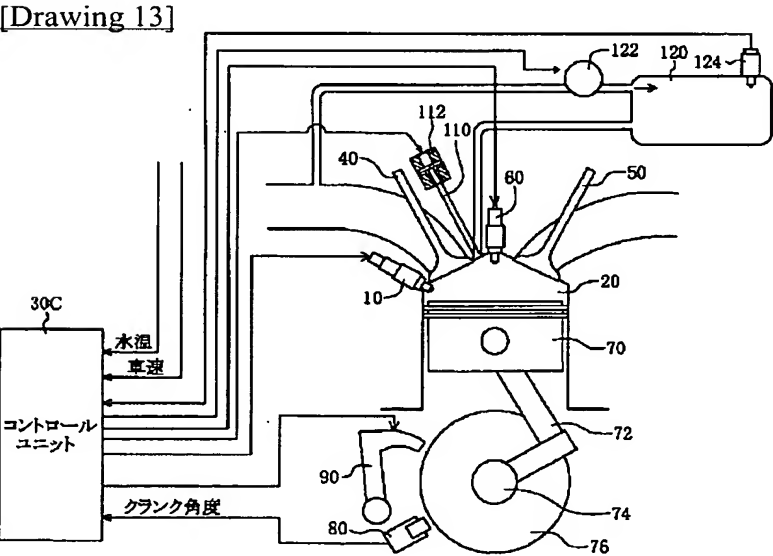
[Drawing 10]



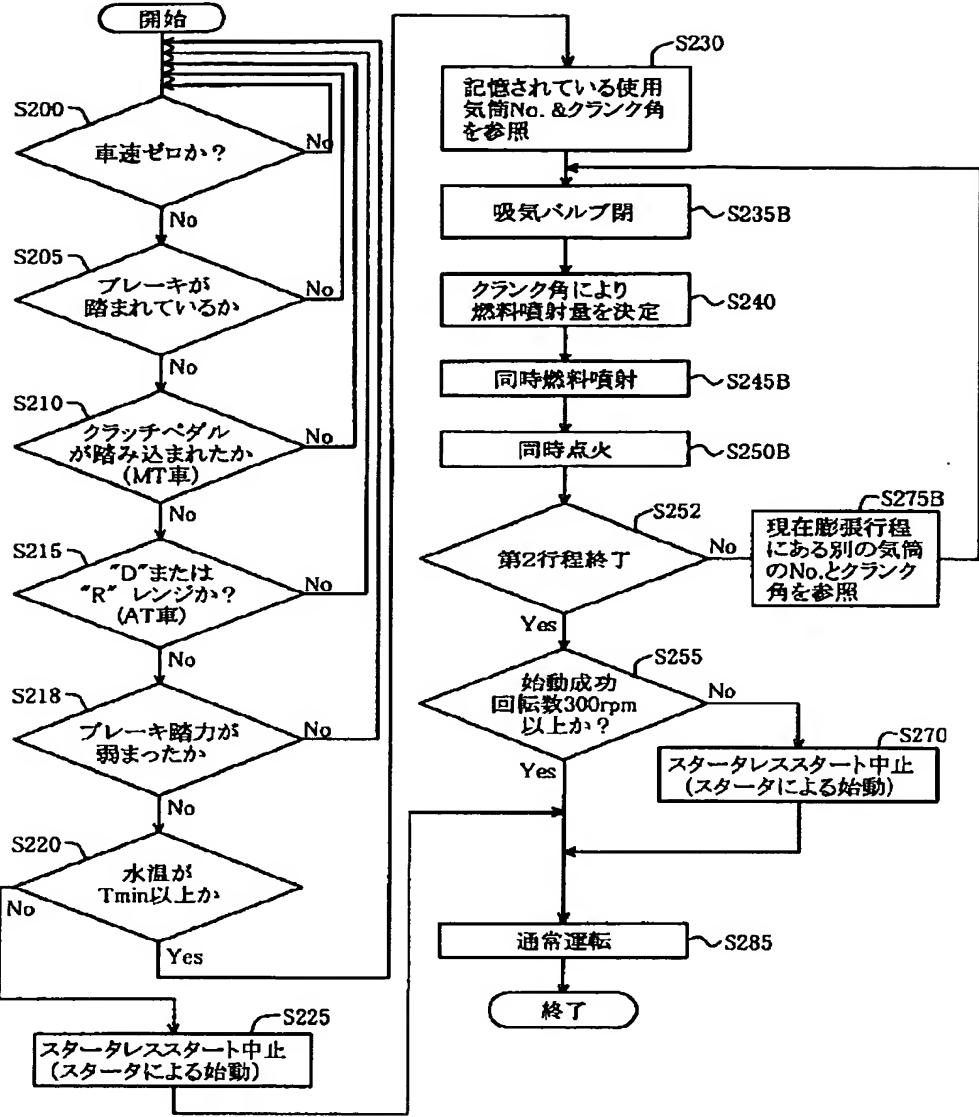
[Drawing 12]

	TDC			TDC			TDC			TDC	
	1	2	3	4	5	6					
第1気筒	膨張	排気	吸気	圧縮	膨張	排気					
第3気筒	圧縮	膨張	排気	吸気	圧縮	膨張					
第4気筒	膨張	排気	空吸気	空排気	吸気	圧縮					
第2気筒	排気	膨張	排気	空吸気	空排気	吸気					

時間(行程) →



[Drawing 11]

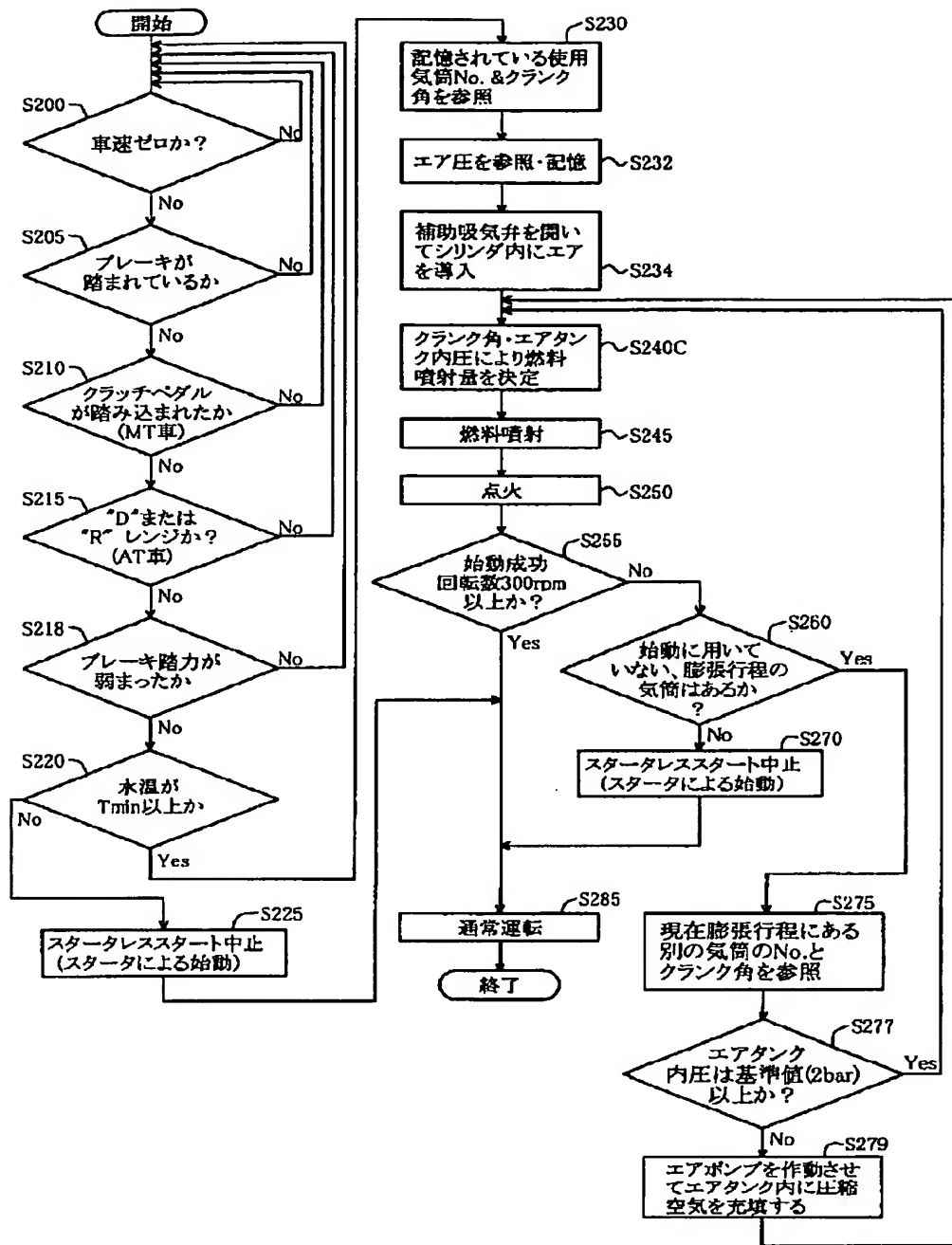


[Drawing 15]

	TDC		TDC		TDC		TDC
	1	2	3	4	5	6	
第1気筒	[膨張]	排気	吸気	圧縮	膨張	排気	
第3気筒	圧縮	膨張	排気	吸気	圧縮	膨張	
第4気筒	吸気	圧縮	膨張	排気	吸気	圧縮	
第2気筒	排気	吸気	圧縮	膨張	排気	吸気	

→
時間(工程)

[Drawing 14]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-39038

(P2002-39038A)

(43) 公開日 平成14年2月6日 (2002. 2. 6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 N 9/02		F 0 2 N 9/02	3 G 0 9 2
F 0 2 D 13/02		F 0 2 D 13/02	H 3 G 0 9 3
			J 3 G 3 0 1
15/00		15/00	E
17/00		17/00	Q
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-227414(P2000-227414)

(22) 出願日 平成12年7月27日 (2000. 7. 27)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 山口 純一

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株

式会社日立製作所自動車機器グループ内

(72) 発明者 大西 浩二

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株

式会社日立製作所自動車機器グループ内

(74) 代理人 100077816

弁理士 春日 譲

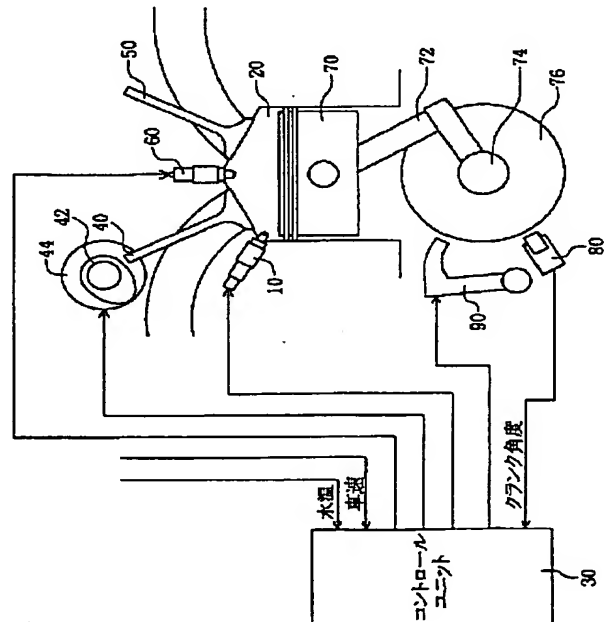
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジン始動装置

(57) 【要約】

【課題】スタータを用いることなく、自己始動の可能なエンジン始動装置を提供することにある。

【解決手段】コントロールユニット30は、膨張行程にある気筒を検出して、燃料を噴射・点火してエンジンを再始動させる。バルブタイミング位相可変機構44は、圧縮行程にある気筒の吸気弁の開閉タイミングを制御する。コントロールユニット30は、膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、圧縮行程にある気筒の吸気弁が開くように、バルブタイミング位相可変機構44による吸気弁の開時期を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリンダ内に燃料を直接噴射する燃料噴射手段と、エンジン停止時のクランク角を検知するクランク角検知手段と、シリンダ内の混合気に点火する点火手段と、エンジンの一時停止後に、膨張行程にある気筒を検出して、燃料を噴射・点火してエンジンを再始動させるエンジン始動装置において、再始動時に、圧縮行程にある気筒の圧縮力を低下させる低圧圧縮制御手段を備えたことを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のエンジン始動装置において、

上記低圧圧縮制御手段は、

上記圧縮行程にある気筒の吸気弁の開閉タイミングを制御するバルブタイミング位相可変手段と、

上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記圧縮行程にある気筒の吸気弁が開くように、上記バルブタイミング位相可変手段による吸気弁の開時期を制御する制御手段とからなることを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載のエンジン始動装置において、

上記低圧圧縮制御手段は、

上記圧縮行程にある気筒の排気側に設けられた補助排気弁と、

上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記圧縮行程にある気筒の上記補助排気弁が開くように、上記補助排気弁を制御する制御手段とからなることを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 4】 シリンダ内に燃料を直接噴射する燃料噴射手段と、エンジン停止時のクランク角を検知するクランク角検知手段と、シリンダ内の混合気に点火する点火手段と、エンジンの一時停止後に、膨張行程にある気筒を検出して、燃料を噴射・点火してエンジンを再始動させるエンジン始動装置において、

上記再始動時の膨張力を大きくする高圧膨張制御手段を備えたことを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載のエンジン始動装置において、

上記高圧膨張制御手段は、

再始動時に、吸気行程にある気筒の吸気弁及び排気弁の開閉タイミングを可変する可変バルブタイミング手段と、

上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記吸気行程にある気筒の上記吸気弁及び排気弁を閉じるように、上記可変バルブタイミング手段を制御するとともに、この気筒のシリンダに燃料を噴射し、点火する制御手段とからなることを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載のエンジン始動装置において、

上記制御手段は、上記吸気行程にある気筒の膨張・排気行程の後に、空吸気及び空排気行程を設けることを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 7】 請求項 4 記載のエンジン始動装置において、

上記高圧膨張制御手段は、

再始動時に、膨張行程にある気筒に高圧空気を供給する高圧空気供給手段と、上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記高圧空気供給手段から高圧空気を供給するように制御する制御手段とからなることを特徴とするエンジン始動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、エンジンを始動するエンジン始動装置に係り、特に、スタータを用いることなく、エンジンを始動するエンジン始動制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、自動車が市街地を走行する場合、信号待ちや渋滞時等で停止している際には、エンジンはアイドリング状態で回転を続けているため、燃料消費率の悪化、排出ガスの増加、乗り心地の悪化、騒音の増加を招いていた。そこで、例えば、特開昭 58-18557 号公報に記載されているように、自動車が確実に停止していると判断した場合には、エンジンを停止させることが知られている。再始動に際しては、所定の再始動条件が整うと、スタータモータを用いてエンジンを再始動させるようにしている。しかしながら、スタータモータは、元来エンジンの始動時にのみ使用することを前提として開発されているので、頻繁に停止・再始動を繰り返すエンジンにあっては、スタータ使用回数の極端な増加を招き、スタータや、その周辺部品の寿命が短くなり、破損や消耗によりエンジン再始動ができなくなる恐れがあった。また、スタータの使用増加に伴い、バッテリーの充放電負荷も増加するため、バッテリーの寿命が短くなったり、降雨時、夜間など、放電電流が多い場合にはバッテリーの放電が増加し、再始動が不可能になったり、オルタネータの充電量、言い替えれば駆動負荷が増加して燃費の悪化を招いたりする恐れがあった。

【0003】 そこで、例えば、特開平 11-125136 号公報に記載されているように、エンジンの停止時に、ピストンを上死点後 5° ～ 110° の範囲に停止させておき、始動時には、シリンダ内の空気量に応じた燃料を噴射した後、点火することにより、エンジンを自己始動させるものが知られている。これによって、従来の始動時にスタータモータが消費していた電力を低減し、スタータモータおよび補機類の軽量化を図ったり、あるいはスタータを完全に廃止して、エンジンシステムの小型軽量化とコストダウンを図ることが可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平 11-125136 号公報に記載されている方式について、本発明者らが実験を行ったところ、自己始動が不可能であることが判明した。すなわち、多気筒エンジン、例えば、1-3-4-2 の各気筒の順で点火する 4 気筒エンジンを例にとり、自己始動に用いる気筒を第 1 気筒とすると、第 1 気筒の膨張行程時には、第 3 気筒の圧縮が始まっている。そのため、第 1 気筒の最初の燃焼によって生じるトルクでは、第 3 気筒の圧縮を行なうことができず、エンジンはそのまま停止してしまい、自己始動に失敗することが判明した。

【0005】本発明の目的は、スタータを用いることなく、自己始動の可能なエンジン始動装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】(1) 上記目的を達成するために、本発明は、シリンダ内に燃料を直接噴射する燃料噴射手段と、エンジン停止時のクランク角を検知するクランク角検知手段と、シリンダ内の混合気に点火する点火手段と、エンジンの一時停止後に、膨張行程にある気筒を検出して、燃料を噴射・点火してエンジンを再始動させるエンジン始動装置において、再始動時に、圧縮行程にある気筒の圧縮力を低下させる低圧圧縮制御手段を備えるようにしたものである。かかる構成により、膨張行程で発生したトルクを消費する圧縮力を低減して、スタータを用いることなく、自己始動し得るものとなる。

【0007】(2) 上記(1)において、好ましくは、上記低圧圧縮制御手段は、上記圧縮行程にある気筒の吸気弁の開閉タイミングを制御するバルブタイミング位相可変手段と、上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記圧縮行程にある気筒の吸気弁が開くように、上記バルブタイミング位相可変手段による吸気弁の開時期を制御する制御手段とからなるようにしたものである。

【0008】(3) 上記(1)において、好ましくは、上記低圧圧縮制御手段は、上記圧縮行程にある気筒の排気側に設けられた補助排気弁と、上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記圧縮行程にある気筒の上記補助排気弁が開くように、上記補助排気弁を制御する制御手段とからなるようにしたものである。

【0009】(4) また、上記目的を達成するために、本発明は、シリンダ内に燃料を直接噴射する燃料噴射手段と、エンジン停止時のクランク角を検知するクランク角検知手段と、シリンダ内の混合気に点火する点火手段と、エンジンの一時停止後に、膨張行程にある気筒を検出して、燃料を噴射・点火してエンジンを再始動させるエンジン始動装置において、上記再始動時の膨張力を大きくする高圧膨張制御手段を備えるようにしたものである。かかる構成により、膨張行程で発生したトルクを大

きくして、スタータを用いることなく、自己始動し得るものとなる。

【0010】(5) 上記(4)において、好ましくは、上記高圧膨張制御手段は、再始動時に、吸気行程にある気筒の吸気弁及び排気弁の開閉タイミングを可変する可変バルブタイミング手段と、上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記吸気行程にある気筒の上記吸気弁及び排気弁を閉じるように、上記可変バルブタイミング手段を制御するとともに、この気筒のシリンダに燃料を噴射し、点火する制御手段とからなるようにしたものである。

【0011】(6) 上記(5)において、好ましくは、上記制御手段は、上記吸気行程にある気筒の膨張・排気行程の後に、空吸気及び空排気行程を設けるようにしたものである。

【0012】(7) 上記(4)において、好ましくは、上記高圧膨張制御手段は、再始動時に、膨張行程にある気筒に高圧空気を供給する高圧空気供給手段と、上記膨張行程にある気筒の燃料噴射・点火時に、上記高圧空気供給手段から高圧空気を供給するように制御する制御手段とからなるようにしたものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図1～図7を用いて、本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置の構成について説明する。最初に、図1を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置の全体構成について説明する。なお、以下の説明において、本実施形態による多気筒エンジンは、例えば、1-3-4-2 の各気筒の順で点火する 4 気筒エンジンとし、自己始動に用いる気筒を第 1 気筒とする。図1は、本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。

【0014】燃料噴射弁10は、シリンダ20内に直接燃料を噴射するように取付けられている。燃料噴射弁10から噴射される燃料量や噴射タイミングは、コントロールユニット30によって制御される。シリンダ20の上部には、吸気弁40及び排気弁50が設けられている。また、シリンダ20の上部には、点火プラグ60が設けられている。点火プラグ60による点火時期は、コントロールユニット30によって制御される。

【0015】シリンダ20内で上下動するピストン70の往復運動は、コンロッド72を介して、クランクシャフト74に伝達され、クランクシャフト74を回転させる。クランクシャフト74が回転すると、リングギア76も同様に回転する。

【0016】クランク角センサ80は、リングギア76を用いて、エンジンの回転速度、すなわち、クランクシャフト74の回転角度を検出する。検出された信号は、コントロールユニット30に取り込まれる。ストップバ90は、リングギア76と係合して、クランクシャフト74の回転を停止する。

5

【0017】吸気弁40を動かすカム42には、バルブタイミング位相可変機構44が取り付けられている。バルブタイミング位相可変機構44は、吸気弁40の開閉を、あらかじめ設定されたクランク角に対して進めたり遅らせたりすることができるものであり、コントロールユニット30によって制御される。バルブタイミング位相可変機構44は、4気筒のエンジン内、第3気筒にのみ設けられている。すなわち、自己始動に用いる第1気筒が膨張行程にあるとき、第3気筒は圧縮行程にあり、この圧縮行程にある気筒にバルブタイミング位相可変機構44を設けている。

【0018】エンジン停止時に、コントロールユニット30は、クランク角センサ80の検出信号を用いて、クランク角がスタータレススタートが可能な位置で停止させるように、ストップ90を制御する。また、コントロールユニット30は、燃料噴射弁10からの燃料の噴射を停止し、さらに、点火プラグ60への点火信号の供給を停止する。コントロールユニット30によるエンジン停止時の制御の詳細については、図2を用いて後述する。

【0019】エンジンの始動時に、コントロールユニット30は、クランク角センサ80の検出信号を用いて、吸気弁40と排気弁50が閉じており、かつ、ピストン70がコンロッド72を押して下がり始めている、すなわち、膨張行程にある気筒を検出する。そして、膨張行程の気筒のシリンダ20内に、燃料噴射弁10から燃料を噴射し、点火プラグ60に点火信号を供給して、シリンダ20内の燃料噴霧に点火する。コントロールユニット30によるエンジン始動時の制御の詳細については、図4を用いて後述する。

【0020】次に、図2を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン自動停止時の制御内容について説明する。図2は、本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン自動停止時の制御内容を示すフローチャートである。

【0021】ステップs100～s120において、コントロールユニット30は、自動車が確実に停止している状態であることを確認するための処理を実行する。即ち、ステップs100において、コントロールユニット30は、車速ゼロであるか否かを判断する。車速がゼロの場合にはステップs105に進み、車速がゼロでない場合には自動車が確実に停止していないので、ステップs100に戻る。

【0022】次に、ステップs105において、コントロールユニット30は、ブレーキが踏まれているか否かを判断する。ブレーキが踏まれている場合にはステップs110に進み、ブレーキが踏まれていない場合には自動車が確実に停止していないので、ステップs100に戻る。

【0023】次に、ステップs110において、コン

6

ロールユニット30は、ナビゲーションシステムをチェックする。ここでは、ナビゲーションシステムが右折を指示していない場合にはステップs115に進み、ナビゲーションシステムが右折を指示している場合には、この後、速やかに右折をする可能性があるため、自動車が確実に停止していないので、ステップs100に戻る。

【0024】次に、ステップs115において、コントロールユニット30は、ターニングナルをチェックする。ここでは、ターニングナルが右折を指示していない場合にはステップs120に進み、ターニングナルが右折を指示している場合には、この後、速やかに右折をする可能性があり、または発進のためにターニングナルを点灯しているため、自動車が確実に停止していないので、ステップs100に戻る。

【0025】次に、ステップs120において、コントロールユニット30は、停止状態になってから（ステップs100～s115の要件を満たしてから）一定時間経過しているか否かを判断する。一定時間が経過している場合にはステップs125に進み、一定時間が経過していない場合には自動車が確実に停止していないので、ステップs100に戻る。

【0026】ステップs100～s120の要件を満たしており、自動車が確実に停止していると判断されると、ステップs125において、コントロールユニット30は、燃料噴射弁10からの燃料噴射を停止する。さらに、ステップs130において、コントロールユニット30は、点火プラグ30による点火をカットする。

【0027】次に、ステップs135において、コントロールユニット30は、エンジンの回転数が、エンジン停止寸前の回転数Nmin以下か否かを判断する。ここで、エンジン停止寸前の回転数Nminは、例えば、300rpmとする。エンジン停止寸前の回転数Nminよりも高い場合には、ステップs135に戻り、エンジン停止寸前の回転数Nmin以下になるのを監視し、エンジン停止寸前の回転数Nmin以下になると、ステップs140に進む。

【0028】次に、ステップs140において、コントロールユニット30は、自己始動に用いる第1気筒が膨張行程の中盤（上死点後10°～140°）であるか否かを判断する。第1気筒が膨張行程の中盤（上死点後10°～140°）にないときはステップs140に戻り、中盤になるとステップs145に進む。

【0029】第1気筒が膨張行程の中盤にあると判断されると、ステップs145において、コントロールユニット30は、ストップ90を動作させてエンジンを強制的に停止させる。

【0030】次に、ステップs145において、コントロールユニット30は、後のスタータレス始動時に参照できるように、最初に燃料を噴射する気筒（本実施例で

は第1気筒)の番号と、エンジン停止時のクランク角を記憶する。

【0031】以上説明したように、本実施形態においては、自己始動に用いる気筒(上述の例では、第1気筒)を、膨張行程の中盤(上死点后 10° ～ 140°)で強制的に停止されるようにしている。

【0032】ここで、図3を用いて、自己始動に用いる気筒(上述の例では、第1気筒)を停止するクランク角を上死点后 10° ～ 140° の範囲とする理由について説明する。図3は、本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン自動停止時のクランク角の説明図である。

【0033】スタータレス始動に用いようとする気筒が、たとえ膨張行程にある場合でも、斜線で示した領域A、Cでは、始動させることができないものである。すなわち、ピストン位置が圧縮上死点付近(領域A)では、シリンダ内の空気量が少ないため、混合気の量も少なくなり、混合気の爆発により、クランクシャフトをエンジン始動に十分な回転数まで加速することができないためである。また、ピストン位置が下死点付近(領域C)では、上死点の場合と異なり、多くの混合気を得ることができるが、クランクの構造上十分なトルクを得ることができず、また排気弁が開き始めることから、クランクシャフトの回転数を十分に上げることができないためである。そこで、本実施形態によるスタータレススタートでは、圧縮上死点を基準として、約 10° ～ 25° より大きく、約 120° ～ 140° より小さい領域Bを使うようにしている。

【0034】次に、図4～図7を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容について説明する。図4は、本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。

【0035】図4のステップs200～s220において、コントロールユニット30は、エンジン再始動時の安全を確保する。即ち、ステップs200において、コントロールユニット30は、車速ゼロであるか否かを判断する。車速がゼロの場合はステップs205に進み、ゼロでない場合はステップs200に戻る。

【0036】次に、ステップs205において、コントロールユニット30は、ブレーキが踏まれているか否かを判断する。ブレーキが踏まれている場合はステップs210に進み、ブレーキが踏まれていない場合はステップs200に戻る。

【0037】次に、マニュアルトランスミッション(MT)車の場合、ステップs210において、コントロールユニット30は、クラッチペダルが踏まれているか否かを判断する。クラッチペダルが踏まれている場合はステップs215に進み、クラッチペダルが踏まれていな

い場合はステップs200に戻る。

【0038】また、オートマチックトランスミッション(AT)車の場合、ステップs215において、コントロールユニット30は、シフトレバーがドライブ(D)レンジにあるか否かを判断する。Dレンジにある場合はステップs218に進み、Dレンジにない場合は運転者の発進意図がないと考えられるので、ステップs200に戻る。

【0039】次に、同じくAT車の場合、ステップs218において、シフトレバーがDレンジにあり、かつ、ブレーキペダルが離されるか、その踏力が所定値以下に弱められた場合には、運転者に発進意図があると判断されるので、ステップs220に進む。ブレーキペダルが所定値以上の踏力を保っている場合は、運転者に発進意図がないので、ステップs200に戻る。

【0040】次に、ステップs220において、コントロールユニット30は、水温が T_{min} 以上か否かを判断する。エンジン水温が低いと、摩擦の増大によりスタータレス始動ができないので、水温信号のチェックを行っている。水温が T_{min} 以上の場合はステップs230に進み、水温が T_{min} より低い場合はステップs225に進む。

【0041】そして、水温が T_{min} より低い場合は、ステップs225において、コントロールユニット30は、スタータレス始動を中止して、スタータ始動に切り替える。

【0042】一方、水温が T_{min} 以上の場合には、ステップs230において、コントロールユニット30は、エンジンの停止時に記憶されている始動時のクランク角の情報(図2のステップs150において記憶した情報)を参照する。

【0043】次に、ステップs235において、コントロールユニット30は、バルブタイミング位相可変機構44を制御して、吸気側カム42の位相を遅らせて、吸気バルブ40の閉時期を上死点前 10° ($TDC-10^{\circ}$)に設定する。上述したように、バルブタイミング位相可変機構44は、4気筒のエンジン内、第3気筒にのみ設けられており、自己始動に用いる第1気筒が膨張行程にあるとき、第3気筒は圧縮行程にある。この第3気筒の圧縮行程における吸気バルブ40の閉時期を上死点前 10° に設定する

ここで、図5を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の第3気筒の吸気バルブリフト制御の内容について説明する。図5は、本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の吸気バルブリフト制御の説明図である。

【0044】図5において、横軸は時間を示しており、第3気筒の各行程(排気行程、吸気行程、圧縮行程、膨張行程)を示している。また、縦軸は、吸気弁40及び排気弁50のそれぞれのバルブリフト量を示している。

【0045】図中、実線Eは、通常の排気弁50のバルブリフト量を示している。第3気筒の排気行程において、BDCの少し前から排気弁50はリフトアップし始め、TDC後に排気弁50は閉じる。また、実線Aは、通常の吸気弁40のバルブリフト量を示している。第3気筒の吸気行程において、TDCの少し前から吸気弁40はリフトアップし始め、BDC後に吸気弁40は閉じる。以上のように、通常の動作では、第3気筒の吸気弁40は、BDC後に吸気弁40は閉じるように制御されている。

【0046】それに対して、ステップs235では、コントロールユニット30は、バルブタイミング位相可変機構44を制御して、吸気側カム42の位相を遅らせて、吸気バルブ40の閉時期を上死点前10°（TDC-10°）に設定している。即ち、図中に破線Bで示すように、吸気バルブ40の閉時期を上死点前10°（TDC-10°）としている。その結果、第3気筒は圧縮行程においても、吸気弁50が開いている状態としている。

【0047】なお、上述の説明では、設定される吸気弁40の閉時期は、例えば、上死点前10度（TDC-10°）の固定値としているが、第1気筒の始動時クランク角に応じた値とすることができる。例えば、第1気筒によって多くのトルクが発生できるときには、第3気筒の吸気弁40の閉時期を、例えば、一点鎖線Dで示すように、上死点前30°（TDC-30°）と早くして圧縮圧力を上げるようにすることができる。また、発生トルクが少ないときには、吸気弁40の閉時期を、例えば、二点鎖線Cで示すように、上死点前2°（TDC-2°）遅らせて、圧縮圧力を低くするように設定することもできる。即ち、第1気筒の始動時クランク角に応じて、上死点前30°（TDC-30°）から上死点前2°（TDC-2°）の範囲で可変することもできる。

【0048】次に、図4のステップs240において、コントロールユニット30は、ステップs230において参照したクランク角に基づいて、第1気筒の容積、即ち、第1気筒内の空気量を算出し、この算出された空気量に対して所定の空燃比（A/F）となる燃料噴射量を決定する。すなわち、ピストンが上死点に近い場合には、空気量が少ないため、燃料噴射も少なくし、逆にピストンが下死点に近い場合には、空気量が多いので燃料噴射量も多くなる。

【0049】次に、ステップs245において、コントロールユニット30は、燃料噴射弁を制御して、第1気筒のシリンダ内に、ステップs240で決定した噴射量の燃料を噴射する。

【0050】次に、ステップs250において、コントロールユニット30は、ステップs245による燃料噴射後、所定時間（燃料の気化が十分に進む時間）の経過後、第1気筒に点火信号を送り、点火プラグ60で点火

火花を飛ばして点火する。燃料噴霧に点火されることにより、燃料が燃焼して膨張力が発生し、ピストンを押し下げる膨張行程が第1気筒で発生する。

【0051】このとき、圧縮行程にある第3気筒は、吸気弁40が開いているために圧縮圧力が下がるので、圧縮のために要する仕事量が少なくなり、第1気筒の燃焼によって生じた回転トルクを必要以上に落とすことなく、第3気筒の圧縮上死点を越える。

【0052】次に、ステップs255において、コントロールユニット30は、始動が成功したか否かを判断する。始動の成功は、エンジンの回転数が所定回転数（例えば、300rpm）以上になったか否かで判断する。なお、この時点で、エンジンは完全な回転には至っていないので、リングギア76の回転速度（角速度）が、300rpm時の回転速度以上になったか否かで判断する。始動が成功すると、ステップs280に進み、始動が成功しない場合には、ステップs260に進む。

【0053】エンジンの始動が成功した場合には、ステップs280において、コントロールユニット30は、バルブタイミング位相可変機構44によって吸気バルブ40の閉時期を上死点前10°（TDC-10°）に設定していたものを、通常の設定に戻す。即ち、吸気バルブ40のバルブリフト量を、図5に示した破線Cの特性から実線Aの特性に戻す。そして、ステップs285において、コントロールユニット30は、通常のエンジンの運転制御に切り替える。

【0054】一方、ステップs255の判定で、始動が成功しなかったと判断されると、ステップs260において、コントロールユニット30は、始動に用いていない膨張行程中盤の適切なクランク角の気筒があるか否かを判断する。始動に用いていない膨張行程中盤の適切なクランク角の気筒がなれば、ステップs270に進み、コントロールユニット30は、スタータレス始動を中止して、スタータ始動に切り替える。始動に用いていない膨張行程中盤の適切なクランク角の気筒があると、ステップs275に進む。

【0055】始動に用いていない膨張行程の気筒がある場合には、ステップs275において、コントロールユニット30は、現在膨張行程にある別の気筒のNoとクランク角を参照する。1-3-4-2の各気筒の順で点火する4気筒エンジンとし、自己始動に用いる気筒を第1気筒とした場合、第1気筒の次に膨張行程となるのは第3気筒であるので、第3気筒のクランク角を参照する。そして、ステップs240に戻り、ステップs240～s250を実行することにより、第3気筒の燃料噴射及び点火をして、次の燃焼を行わせる。

【0056】ここで、第3気筒が膨張行程の時、圧縮行程にあるのは、第4気筒である。第4気筒には、バルブタイミング位相可変機構44は備えていないため、第3気筒が膨張行程にあるとき、第4気筒の圧縮力は通常の

圧縮力であるが、その前の行程の第 1 気筒の燃焼により、クランクシャフトは回転を始めているため、その慣性力に第 3 気筒の膨張による回転駆動力が加わって、第 4 気筒の圧縮力に打ち勝って、始動成功に導くことができる。始動成功時には、ステップ s 280、s 285 の処理を経て、通常の運転に切り替わる。

【0057】ここで、図 6 を用いて、上述した本実施形態によるスタータレススタートの各行程の相関について説明する。図 6 は、本発明の第 1 の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の各行程の説明図である。図 6 において、横軸は、時間（行程）を示している。また、縦軸は、第 1、第 3、第 4、第 2 の各気筒を示している。

【0058】第 1 行程では、第 1 気筒が膨張行程にあり、第 3 気筒が圧縮行程にある。そこで、図 4 のステップ s 245、s 250 の処理により、第 1 気筒で燃料噴霧を燃焼する。このとき、ステップ s 235 の処理により、第 3 気筒の吸気弁の閉じるタイミングが遅れており、吸気弁が開いているため、圧縮行程であるが、その圧縮力の小さな低圧圧縮（図 6 においては、通常の圧縮行程と区別するため、（圧縮）と図示している）となっている。第 1 行程で、始動が成功すれば、第 2 行程以降は、通常の 4 サイクルの行程を各気筒毎に繰り返して、通常の運転状態となる。

【0059】また、第 1 行程で始動が成功しなかった場合でも、第 2 行程では、第 3 気筒が膨張行程となっており、図 4 のステップ s 245、s 250 の処理により、第 3 気筒で燃料噴霧を燃焼する。このとき、第 4 気筒は通常の圧縮行程であるが、その前の行程の第 1 気筒の燃焼により、クランクシャフトは回転を始めているため、その慣性力に第 3 気筒の膨張による回転駆動力が加わって、第 4 気筒の圧縮力に打ち勝って、始動成功に導くことができる。始動成功時には、通常の運転に切り替わる。

【0060】なお、以上の説明では、バルブタイミング位相可変機構 44 は、第 3 気筒にのみ設けてあるが、第 4 気筒にも設けてもよいものである。それによって、第 2 行程の第 4 気筒の圧縮行程は、低圧圧縮行程とすることができるので、始動をより確実にすることができる。この場合、図 4 のステップ s 275 の処理後、破線で示すように、ステップ s 235 に戻り、第 4 気筒の吸気バルブ閉時期を、例えば、上死点前 10° （TDC- 10° ）とした後、ステップ s 240 以降の処理を実行する。

【0061】ここで、図 7 を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時のエンジン回転数及びトルクの推移について説明する。図 7 は、本発明の第 1 の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時のエンジン回転数及びトルクの推移の説明図である。図 7（A）は、横軸に時間を示し、縦軸にエンジ

ン回転数を示している。図 7（B）は、横軸に時間を示し、縦軸に発生するトルク回転数を示している。なお、実線は本実施形態による状態を示し、破線は従来例による状態を示している。

【0062】図 7（B）において、実線 G1 は、始動気筒である第 1 気筒の燃焼によって発生するトルクを示している。一方、図 7（B）において、破線 G3old は、圧縮行程にある第 3 気筒によって消費されるトルクを示している。したがって、第 1 気筒の燃焼によって発生するトルク G1 は、圧縮行程にある第 3 気筒によってトルク G3old として消費される。図 7（A）において、破線 Fold は、始動気筒である第 1 気筒のエンジン回転数の推移を示しているが、図示するように、エンジン回転数は上がることなく、エンジンの始動に失敗することとなる。

【0063】一方、図 7（B）において、実線 G3new は、本実施形態によるバルブタイミング位相可変機構 44 を用いることによって、圧縮行程を定圧圧縮としたとき、第 3 気筒によって消費されるトルクを示している。本実施形態によって消費される圧縮トルク G3new は、従来の圧縮トルク G3old よりも小さいため、第 1 気筒の燃焼によって発生するトルク G1 は、圧縮行程にある第 3 気筒によってトルク G3new によって完全には消費されないものである。図 7（A）において、実線 Fnew は、始動気筒である第 1 気筒のエンジン回転数の推移を示しているが、図示するように、エンジン回転数は完全に低下することなく、次の第 3 気筒の発生トルク（図 7（B）の実線 G3new）によって再び上昇するため、エンジンの始動を成功することができる。

【0064】以上説明したように、本実施形態によれば、圧縮行程における圧縮力を低減できるので、スタータを用いることなく、自己始動を可能とすることができる。なお、最近のエンジンでは、バルブタイミング位相可変機構を備えているものがあり、かかるエンジンでは、新たな機構を追加することなく、エンジンの制御のみで、自己始動を可能にすることができる。

【0065】次に、図 8 及び図 9 を用いて、本発明の第 2 の実施形態によるエンジン始動装置の構成について説明する。本実施形態による多気筒エンジンは、第 1 の実施形態と同様に、例えば、1-3-4-2 の各気筒の順で点火する 4 気筒エンジンとし、自己始動に用いる気筒を第 1 気筒とする。最初に、本実施形態によるエンジン始動装置の全体構成について説明する。図 8 は、本発明の第 2 の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。なお、図 1 と同一符号は、同一部分を示している。

【0066】第 1 の実施形態においては、吸気弁 40 がバルブタイミング位相可変機構 44 を備えていたのに対して、本実施形態では、かかるバルブタイミング位相可変機構 44 は備えておらず、代わりに、排気弁 50 の側

13

に、補助排気弁 100 及びデコンプ機構 102 を備えている。自己始動に用いる気筒を第 1 気筒とする場合、補助排気弁 100 及びデコンプ機構 102 は、圧縮行程にある第 3 気筒に設けられている。補助排気弁 100 は、排気弁 50 よりも小型な排気弁である。デコンプ機構 102 は、補助排気弁 100 を開閉するアクチュエータである。

【0067】本実施形態では、膨張行程にある第 1 気筒において自己始動のための燃焼を行うとき、コントロールユニット 30A は、圧縮行程にある第 3 気筒のデコンプ機構 102 を動作させて、補助排気弁 100 を開き、第 3 気筒の圧縮力を低下させて、図 1 に示した実施形態と同様に、低圧圧縮とするものである。

【0068】次に、図 9 を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容について説明する。図 9 は、本発明の第 2 の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。なお、図 4 に示したフローチャートと同一符号は、同一処理内容を示している。

【0069】コントロールユニット 30A は、図 9 のステップ s 200 ~ s 220 において、エンジン再始動時の始動条件を確保し、また、運転者の発進意図を検知する。そして、ステップ s 230 に以降に進む。そして、ステップ s 230 において、コントロールユニット 30A は、エンジンの停止時に記憶されている始動時のクランク角の情報（図 2 のステップ s 150 において記憶した情報）を参照する。

【0070】次に、ステップ s 235A において、コントロールユニット 30A は、デコンプ機構 102 を動作させて、設定したクランク角、例えば、上死点前 10 度（TDC-10°）になるまで、補助排気弁 100 を開き、第 3 気筒の圧縮圧力を逃がす。これにより、第 1 の実施形態と同様に、スタータレス始動時に、圧縮行程にある第 3 気筒の圧縮力を低下させて、低圧圧縮状態とすることができる。

【0071】なお、補助排気弁 100 の閉時期は、例えば、上死点前 10 度（TDC-10°）の固定値としているが、第 1 気筒の始動時クランク角に応じた値とすることができる。例えば、第 1 気筒によって多くのトルクが発生できるときには、第 3 気筒の補助排気弁 100 の閉時期を、例えば、上死点前 30°（TDC-30°）と早くして圧縮圧力を上げるようにすることができる。また、発生トルクが少ないときには、補助排気弁 100 の閉時期を、例えば、上死点前 2°（TDC-2°）遅らせて、圧縮圧力を低くするように設定することもできる。即ち、第 1 気筒の始動時クランク角に応じて、上死点前 30°（TDC-30°）から上死点前 2°（TDC-2°）の範囲で可変することもできる。

【0072】以下、コントロールユニット 30A は、図

14

4 のステップ s 240 ~ 285 の処理を実行することにより、第 1 気筒の燃料を燃焼させることにより、膨張力を発生させる。このとき、圧縮行程にある第 3 気筒は、補助排気弁 100 が開いているために圧縮圧力が下がるので、圧縮のために要する仕事量が少なくなり、第 1 気筒の燃焼によって生じた回転トルクを必要以上に落とすことなく、第 3 気筒の圧縮上死点を越えることにより、エンジンの始動に成功する。始動成功時には、ステップ s 280、s 285 の処理を経て、通常の運転に切り替わる。

【0073】なお、以上の説明では、補助排気弁 100 及びデコンプ機構 102 は、第 3 気筒にのみ設けてあるが、第 4 気筒や、全ての気筒にも設けてもよいものである。それによって、第 2 行程の第 4 気筒の圧縮行程は、低圧圧縮行程とすることができるので、始動をより確実にすることができる。

【0074】以上説明したように、本実施形態によれば、圧縮行程における圧縮力を低減できるので、スタータを用いることなく、自己始動を可能とすることができる。また、排気弁を開いて既燃焼ガスをシリンダ内に吸引するため、この高温の既燃焼ガスに燃料を噴射することにより、燃料噴霧が気化しやすく、点火を確実に行うことができる。

【0075】次に、図 10 ~ 図 12 を用いて、本発明の第 3 の実施形態によるエンジン始動装置の構成について説明する。本実施形態による多気筒エンジンは、第 1 の実施形態と同様に、例えば、1-3-4-2 の各気筒の順で点火する 4 気筒エンジンとし、自己始動に用いる気筒を第 1 気筒とする。最初に、図 10 を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置の全体構成について説明する。図 10 は、本発明の第 3 の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。なお、図 1 と同一符号は、同一部分を示している。

【0076】第 1 及び第 2 の実施形態においては、圧縮力を低下させる低圧圧縮としたのに対して、本実施形態においては、膨張力を高める高圧膨張を行うようにしている。そのため、本実施形態においては、吸気弁 40 は、可変バルブタイミング機構 46 を備えており、また、排気弁 50 は、可変バルブタイミング機構 56 を備えている。可変バルブタイミング機構 46、56 は、4 気筒エンジンの場合、全ての気筒に備えられている。可変バルブタイミング機構 46、56 は、例えば、電磁力を利用して、吸気弁 40、排気弁 50 の開閉を制御可能なものであり、コントロールユニット 30B からの制御信号によって、開閉時期が制御される。

【0077】本実施形態では、本来は行程の違う 2 つ以上の気筒を同時に、スタータレス始動のための膨張行程として用いることにより、従来よりも高い膨張行程のトルクを発生させて、スタータレス始動を可能としている。

15

【0078】次に、図11及び図12を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容について説明する。図11は、本発明の第3の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。なお、図1と同一符号は、同一処理内容を示している。本実施形態では、特に、ステップs235B、s245B、s250B、s252、s275Bの処理内容に特徴がある。

【0079】また、図12は、本発明の第3の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の各行程の説明図である。図12において、横軸は、時間（行程）を示している。また、縦軸は、第1、第3、第4、第2の各気筒を示している。

【0080】図11のステップs200～s220において、コントロールユニット30Bは、エンジン再始動時の始動条件を確保し、また、運転者の発進意図を検知する。その後、ステップs220において、コントロールユニット30Bは、水温がTmin以上か否かを判断し、エンジン水温が低い場合には、ステップs225において、コントロールユニット30Bは、スタータレス始動を中止して、スタータ始動に切り替える。

【0081】一方、水温がTmin以上の場合には、ステップs230Bにおいて、コントロールユニット30Bは、エンジンの停止時に記憶されている始動時のクランク角の情報（図2のステップs150において記憶した情報）を参照する。

【0082】次に、ステップs235Bにおいて、コントロールユニット30Bは、始動に用いるのが第1気筒の場合、さらに、本来は吸気行程である第4気筒の可変バブルタイミング機構46、56を制御して、吸気弁40及び排気弁50を閉じる。

【0083】次に、ステップs240において、コントロールユニット30Bは、ステップs230Bにおいて参照したクランク角に基づいて、第1気筒の容積、即ち、第1気筒内の空気量を算出し、この算出された空気量に対して所定の空燃比（A/F）となる燃料噴射量を決定する。すなわち、ピストンが上死点に近い場合には、空気量が少ないため、燃料噴射も少なくし、逆にピストンが下死点に近い場合には、空気量が多いので燃料噴射量も多くなる。この燃料噴射量は、第1気筒に対する燃料噴射量であると同時に、第4気筒に対する燃料噴射量ともなる。

【0084】次に、ステップs245Bにおいて、コントロールユニット30Bは、燃料噴射弁を制御して、第1気筒及び第4気筒のシリンダ内に、ステップs240で決定した噴射量の燃料を、それぞれ、同時に噴射する。

【0085】次に、ステップs250Bにおいて、コントロールユニット30Bは、ステップs245Bによる

16

燃料噴射後、所定時間（燃料の気化が十分に進む時間）の経過後、第1気筒及び第4気筒にそれぞれ点火信号を送り、点火プラグ60で点火火花を飛ばして点火する。燃料噴霧に点火されることにより、燃料が燃焼して膨張力が発生し、ピストンを押し下げる膨張行程が第1気筒及び第4気筒で同時に発生する。

【0086】ここで、図12に示すように、第1行程では、第1気筒及び第4気筒が、同時に膨張行程となる。したがって、図6に示した例に比べて、膨張力を倍として、発生するトルクを大きくすることができる。このとき、第3気筒は通常の圧縮行程であるため、トルクが消費されるが、発生するトルクが大きいため、自己始動を成功させることができる。

【0087】次に、ステップs252において、コントロールユニット30Bは、第2行程が終了したか否かを判断する。終了していない場合には、ステップs275Bに進み、終了すると、ステップs255に進む。

【0088】第1行程が終了した時点では、まだ、第2行程は終了していないため、ステップs275Bにおいて、コントロールユニット30Bは、現在膨張行程にある別の気筒のNoとクランク角を参照する。1-3-4-2の各気筒の順で点火する4気筒エンジンとし、自己始動に用いる気筒を第1気筒及び第4気筒とした場合、次に膨張行程となるのは第3気筒及び第2気筒であるので、例えば、第3気筒のクランク角を参照する。そして、ステップs235Bに戻り、ステップs235B～s250Bを実行することにより、第3気筒及び第2気筒の燃料噴射及び点火をして、次の燃焼を行わせる。その結果、図12に示すように、第2行程では、第3気筒及び第2気筒が、同時に膨張行程となる。したがって、図6に示した例に比べて、膨張力を倍として、発生するトルクを大きくすることができる。このとき、第1気筒及び第4気筒は排気行程であるため、トルクの消費は殆どなく、発生するトルクが大きいため、自己始動を成功させることができる。

【0089】第2行程が終了すると、ステップs255において、コントロールユニット30Bは、始動が成功したか否かを判断する。始動が成功すると、ステップs285に進み、始動が成功しない場合には、ステップs270に進む。

【0090】エンジンの始動が成功した場合には、ステップs285において、コントロールユニット30Bは、通常のエンジンの運転制御に切り替える。

【0091】一方、ステップs255の判定で、始動が成功しなかったと判断されると、ステップs270において、コントロールユニット30Bは、スタータレス始動を中止して、スタータ始動に切り替える。

【0092】なお、図12に示す例では、第1行程から第4行程でクランクシャフトが1回転するが、第3行程では、第4気筒を、燃焼に寄与しない吸気行程（以下、

「空吸気」と称する)とし、また、第4行程では、第4気筒を、燃焼に寄与しない排気行程(以下、「空排気」と称する)とする。同様にして、第4行程では、第2気筒を、空吸気とし、また、第5行程では、第2気筒を、空排気とする。これにより、合わせてシリンダ内の掃気を行ない、次行程の燃焼効率を高めることができる。

【0093】なお、上述の説明では、図12に示すように、第3気筒の第1行程は圧縮行程になっているが、コントロールユニット30Bが、可変バルブタイミング機構46を制御して、吸気弁40を閉じるタイミングを、例えば上死点前10度まで遅らせることで、第1の実施形態と同様に、第3気筒の圧縮仕事による抵抗を除き、スタータレス始動時に、エンジン回転数をスムーズに上昇させることができる。または、吸気弁40を遅く閉じる代わりに、可変バルブタイミング機構56を制御して、排気弁50を開けて圧縮圧力を逃がしても良いものである。

【0094】以上説明したように、本実施形態によれば、膨張行程における膨張力を向上できるので、スタータを用いることなく、自己始動を可能とすることができる。なお、可変バルブタイミング機構を備えているエンジンでは、新たな機構を追加することなく、エンジンの制御のみで、自己始動を可能とすることができる。

【0095】次に、図13～図15を用いて、本発明の第4の実施形態によるエンジン始動装置の構成について説明する。本実施形態による多気筒エンジンは、第1の実施形態と同様に、例えば、1-3-4-2の各気筒の順で点火する4気筒エンジンとし、自己始動に用いる気筒を第1気筒とする。最初に、図13を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置の全体構成について説明する。図13は、本発明の第4の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。なお、図1と同一符号は、同一部分を示している。

【0096】第3の実施形態においては、同時に2つの気筒を膨張行程とすることにより、膨張力を高める高圧膨張を行うようにしているの対して、本実施形態では、高圧空気をシリンダ内に強制的に送り込むとともに、その空気量に応じた燃料を噴射することにより、高圧膨張を行うようにしている。この高圧膨張により、従来よりも高い膨張行程のトルクを発生させて、スタータレス始動を可能としている。

【0097】そのため、本実施形態においては、補助吸気弁110及びエアタンク120を備えている。補助吸気弁110は、スタータレス始動の際に膨張行程にある気筒の吸気側であって、エアタンク120の出口の位置に設けられている。補助吸気弁110は、アクチュエータ112によって開閉される。アクチュエータ112は、コントロールユニット30Cによって制御される。

【0098】また、エアタンク120内には、エアポンプ122によって加圧されたエアが蓄積されている。エ

アタンク120の内部の圧力は、圧力センサ124によって検出され、コントロールユニット30Cに取り込まれる。圧力センサ124は、シリンダ20内に、燃焼状態を把握するための圧力センサが取り付けられている場合には、それで代用しても良いものである。エアポンプ122は、例えば、車両の減速時に駆動軸に接続して作動させる。このように構成することにより、車両の減速エネルギーを有効活用することができる。なお、エアポンプ122は、モーターによって駆動するようにしてもよいものである。さらに、過給機付きエンジンにおいては、エアポンプを特に設けず、正圧時の吸気管内圧力をワンウェイバルブ等によりエアタンク120内に蓄積するようにしても良いものである。また、アクチュエータ112の作動により、車両のエンジンブレーキ時に、シリンダの圧縮圧力を導入することもできる。この場合には、エアポンプ122は作動させなくてもよいものである。エアタンク120の容積は、例えば、エンジンの上死点における燃焼室容積程度でもよく、圧力も2～10気圧程度としている。

【0099】次に、図14及び図15を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容について説明する。図14は、本発明の第4の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。なお、図1と同一符号は、同一処理内容を示している。本実施形態では、特に、ステップs232、234、240C、s277、s279の処理内容に特徴がある。

【0100】また、図15は、本発明の第4の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の各行程の説明図である。図15において、横軸は、時間(行程)を示している。また、縦軸は、第1、第3、第4、第2の各気筒を示している。

【0101】図14のステップs200～s220において、コントロールユニット30Cは、エンジン再始動時の始動条件を確保し、また、運転者の発進意図を検知する。その後、ステップs220において、コントロールユニット30Cは、水温がTmin以上か否かを判断し、エンジン水温が低い場合には、ステップs225において、コントロールユニット30Cは、スタータレス始動を中止して、スタータ始動に切り替える。

【0102】一方、水温がTmin以上の場合には、ステップs230において、コントロールユニット30Cは、エンジンの停止時に記憶されている始動時のクランク角の情報(図2のステップs150において記憶した情報)を参照する。

【0103】次に、ステップs232において、コントロールユニット30Cは、エアタンク120の内圧を圧力センサ124によって検出し、コントロールユニット30Cは記憶する。なお、スタータレス始動を行なう前

に、あらかじめエアタンク 120 の内圧は 2~10 気圧に昇圧されている。

【0104】次に、ステップ s 232 において、コントロールユニット 30C は、アクチュエータ 112 を動作させて、補助吸気弁 110 を開き、シリンダ 20 内に圧縮空気を導入する。

【0105】次に、ステップ s 240C において、コントロールユニット 30C は、ステップ s 230 において参照したクランク角及びステップ s 232 で検出・記憶したエアタンク 120 の内圧に基づいて、第 1 気筒内の空気量を算出し、この算出された空気量に対して所定の空燃比 (A/F) となる燃料噴射量を決定する。

【0106】次に、ステップ s 245 において、コントロールユニット 30C は、燃料噴射弁を制御して、第 1 気筒のシリンダ内に、ステップ s 240C で決定した噴射量の燃料を噴射する。

【0107】次に、ステップ s 250 において、コントロールユニット 30C は、ステップ s 245 による燃料噴射後、所定時間 (燃料の気化が十分に進む時間) の経過後、第 1 気筒に点火信号を送り、点火プラグ 60 で点火火花を飛ばして点火する。燃料噴霧に点火されることにより、燃料が燃焼して膨張力が発生し、ピストンを押し下げる。

【0108】ここで、図 15 に示すように、第 1 行程では、第 1 気筒が膨張行程となるが、このときの膨張行程は、高圧のエアに対して燃料を噴射しているため、通常の膨張行程よりも膨張力が大きな高圧膨張 (図 15 では、[膨張]として図示している) となり、発生するトルクを大きくすることができる。このとき、第 3 気筒は通常の圧縮行程であるため、トルクが消費されるが、第 1 気筒で発生するトルクが大きいため、自己始動を成功させることができる。

【0109】次に、ステップ s 255 において、コントロールユニット 30C は、始動が成功したか否かを判断する。始動が成功すると、ステップ s 285 に進み、始動が成功しない場合には、ステップ s 260 に進む。

【0110】エンジンの始動が成功した場合には、ステップ s 285 において、コントロールユニット 30 は、通常のエンジンの運転制御に切り替える。

【0111】一方、ステップ s 255 の判定で、始動が成功しなかったと判断されると、ステップ s 260 において、コントロールユニット 30C は、始動に用いていない膨張行程中盤の適切なクランク角の気筒があるか否かを判断する。始動に用いていない膨張行程中盤の適切なクランク角の気筒がなければ、ステップ s 270 に進み、コントロールユニット 30C は、スタータレス始動を中止して、スタータ始動に切り替える。始動に用いていない膨張行程中盤の適切なクランク角の気筒があると、ステップ s 275 に進む。

【0112】始動に用いていない膨張行程の気筒がある

場合には、ステップ s 275 において、コントロールユニット 30 は、現在膨張行程にある別の気筒の No とクランク角を参照する。1-3-4-2 の各気筒の順で点火する 4 気筒エンジンとし、自己始動に用いる気筒を第 1 気筒とした場合、第 1 気筒の次に膨張行程となるのは第 3 気筒であるので、第 3 気筒のクランク角を参照する。

【0113】次に、ステップ s 277 において、コントロールユニット 30C は、エアタンク 120 の内圧が基準値 (例えば、2 気圧) 以上か否かを判断する。基準値以上であれば、ステップ s 240C に戻り、ステップ s 240C~s 250 を実行することにより、第 3 気筒の燃料噴射及び点火をして、次の燃焼を行わせ、高圧膨張により、膨張力を得る。なお、エアタンク 120 及び補助吸気弁 110 は、第 3 気筒にも設けられている。

【0114】また、エアタンクの内圧が基準値に満たない場合には、ステップ s 279 において、コントロールユニット 30C は、エアポンプ 122 を動作させて、エアタンク 120 内に圧縮空気を充填する。その後、ステップ s 240C に戻り、ステップ s 240C~s 250 を実行することにより、第 3 気筒の燃料噴射及び点火をして、次の燃焼を行わせ、高圧膨張により、膨張力を得る。

【0115】以上のようにして、補助吸気弁 110 から急速に空気をシリンダ 20 内に導入するので、シリンダ 20 内の乱れを促進することができ、燃料と空気の混合を促進して燃焼効率を向上し、使用燃料量を抑えることもできる。

【0116】なお、補助吸気弁 110 は、スタータレス始動で最初に用いる気筒が決まっているとき、例えばそれが第 1 気筒であるときには第 3 気筒にのみ設ければ良いし、最初に用いる気筒が任意のときには全気筒に設ける必要がある。その場合でも、エアタンク 120、エアポンプ 122、圧力センサ 124 は 1 つでよく、個々のシリンダへの配管をそれぞれ備えればよいものである。

【0117】以上説明したように、本実施形態によれば、膨張行程における膨張力を向上できるので、スタータを用いることなく、自己始動を可能とすることができる。

【0118】なお、上述の各実施形態では、主として 4 気筒エンジンの場合を記述したが、燃料をシリンダ内に噴射する機構を備えていれば、主として 2 気筒以上のエンジンで同様の手段を用い、効果を得ることができる。また、説明のために第 1 気筒を最初に燃料噴射および点火を行なっているが、クランク角により、他の気筒を第 1 に燃料噴射および点火することはもちろん可能である。

【0119】また、各実施形態とも、ストップ 90 により、エンジンを機械的に止める構成としたが、上記のように最初に燃焼に用いる気筒を限定しなければ、クラン

ク角が上死点または下死点付近にある場合を除き、必ずしもストッパ機構を用いる必要はないものである。また、第2の実施形態においては、デコンプ機構102を制御して用いることにより、さらに、第3の実施形態においては、吸排気弁40、50の開閉を制御することにより、クランク角を概略所望の位置に停止させることもできる。

【0120】以上説明したように、本発明の各実施形態によれば、スタータを用いずにエンジンを再始動できるので、エンジンの自動停止・始動機能を備えながら、スタータモータの使用頻度を抑え、スタータの信頼性を向上させることができる。また、スタータの使用電力を節約し、燃費を向上させることができる。さらに、アイドリング時のエンジン停止により、不要なアイドリングを防止し、排出ガス量、騒音、振動を抑え、燃費を向上させることができる。また、最初の気筒の燃焼時に圧縮行程にある別の気筒の圧縮仕事により、エンジン回転数が減少して始動に失敗する恐れがなくなり、スムーズな始動を行なうことができる。

【0121】

【発明の効果】本発明によれば、スタータを用いることなく、エンジンの自己始動が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン自動停止時の制御内容を示すフローチャートである。

【図3】本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン自動停止時のクランク角の説明図である。

【図4】本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の吸気バルブリフト制御の説明図である。

【図6】本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の各行程の説明図である。

【図7】本発明の第1の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時のエンジン回転数及びトルクの推移の説明図である。

【図8】本発明の第2の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の第2の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第3の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の第3の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第3の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の各行程の説明図である。

【図13】本発明の第4の実施形態によるエンジン始動装置の全体構成を示すブロック図である。

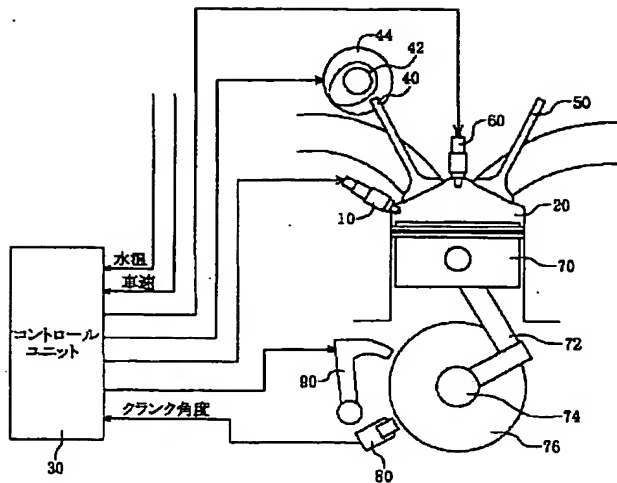
【図14】本発明の第4の実施形態によるエンジン始動装置のコントロールユニットによるエンジン始動時の制御内容を示すフローチャートである。

【図15】本発明の第4の実施形態によるエンジン始動装置によるエンジン始動時の各行程の説明図である。

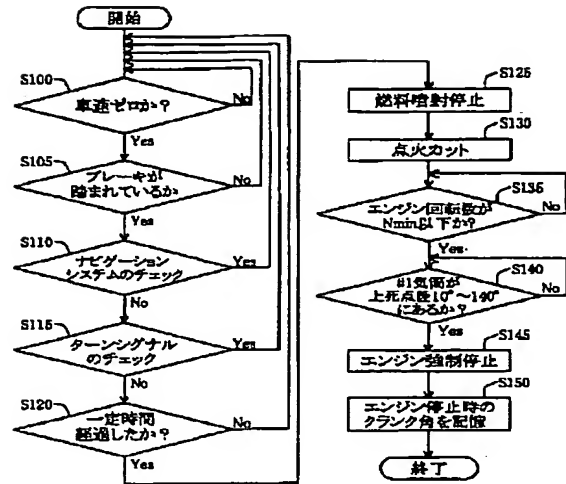
【符号の説明】

- 10…燃料噴射弁
- 20…シリンダ
- 30…コントロールユニット
- 40…吸気弁
- 42…カム軸
- 44…バルブタイミング位相可変機構
- 46、56…可変バルブタイミング機構
- 50…排気弁
- 60…点火プラグ
- 70…ピストン
- 72…コンロッド
- 74…クランクシャフト
- 76…リングギヤ
- 80…クランク角センサ
- 90…ストッパ
- 100…補助排気弁
- 102…デコンプ機構
- 110…補助吸気弁
- 112…アクチュエータ
- 120…エアタンク
- 122…エアポンプ
- 124…圧力センサ

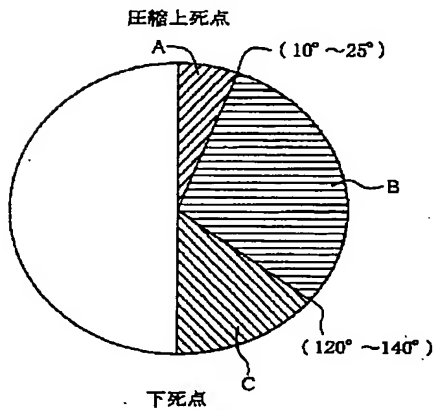
【図1】



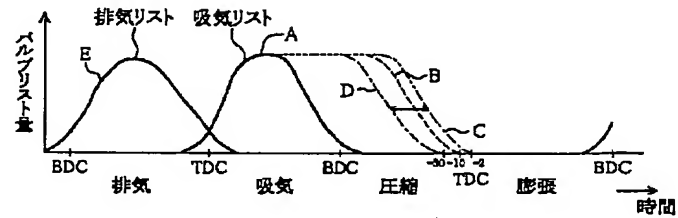
【図2】



【図3】



【図5】

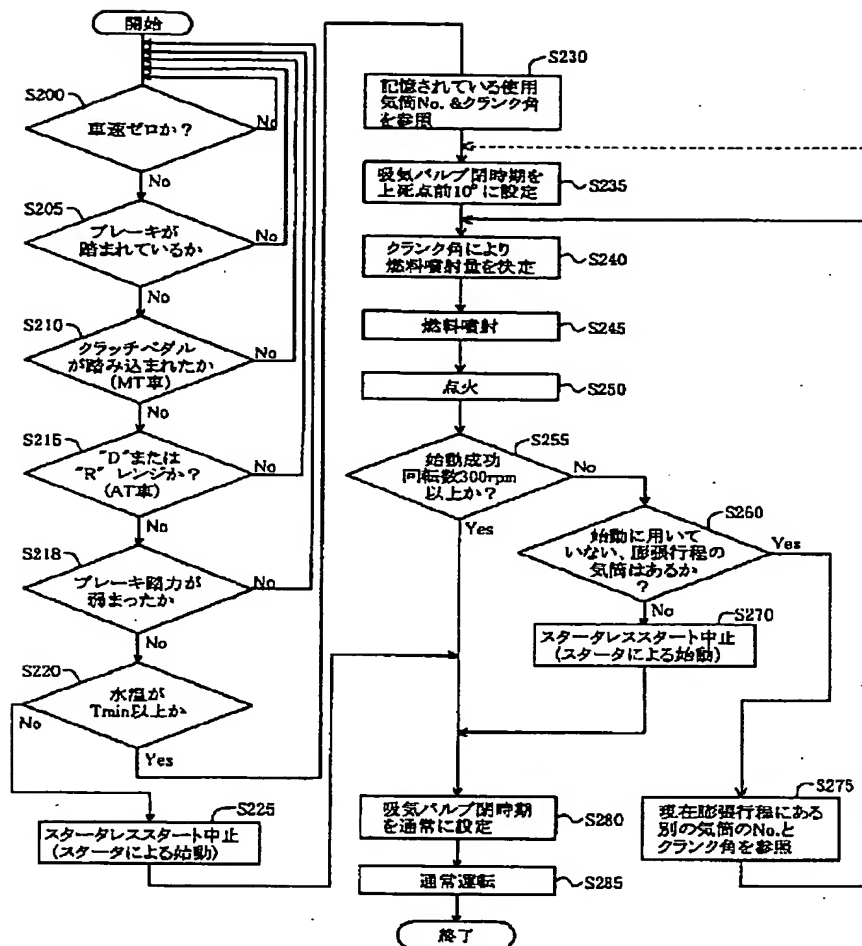


【図6】

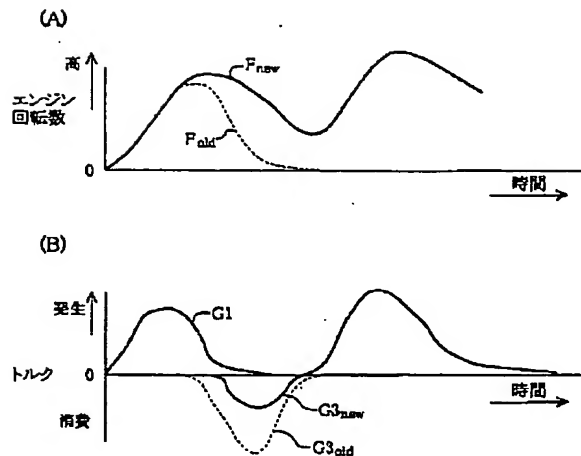
	TDC	1	2	TDC	3	4	TDC	5	6	TDC
第1気筒		膨張	排気	吸気	圧縮	膨張	排気			
第3気筒		(圧縮)	膨張	排気	吸気	圧縮	膨張			
第4気筒		吸気	圧縮	膨張	排気	吸気	圧縮			
第2気筒		排気	吸気	圧縮	膨張	排気	吸気			

→
時間(工程)

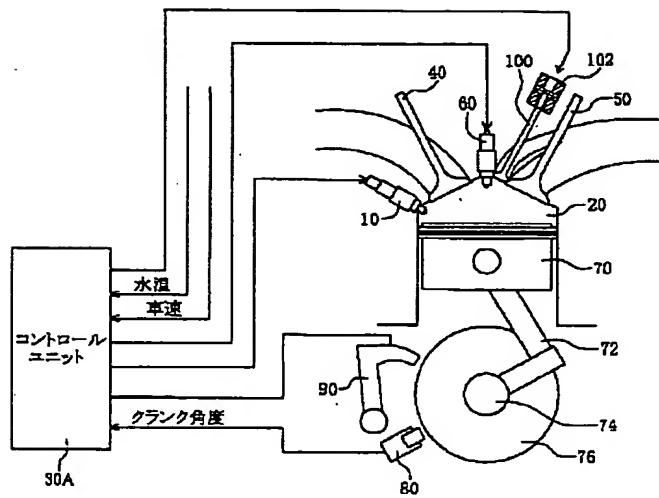
【図4】



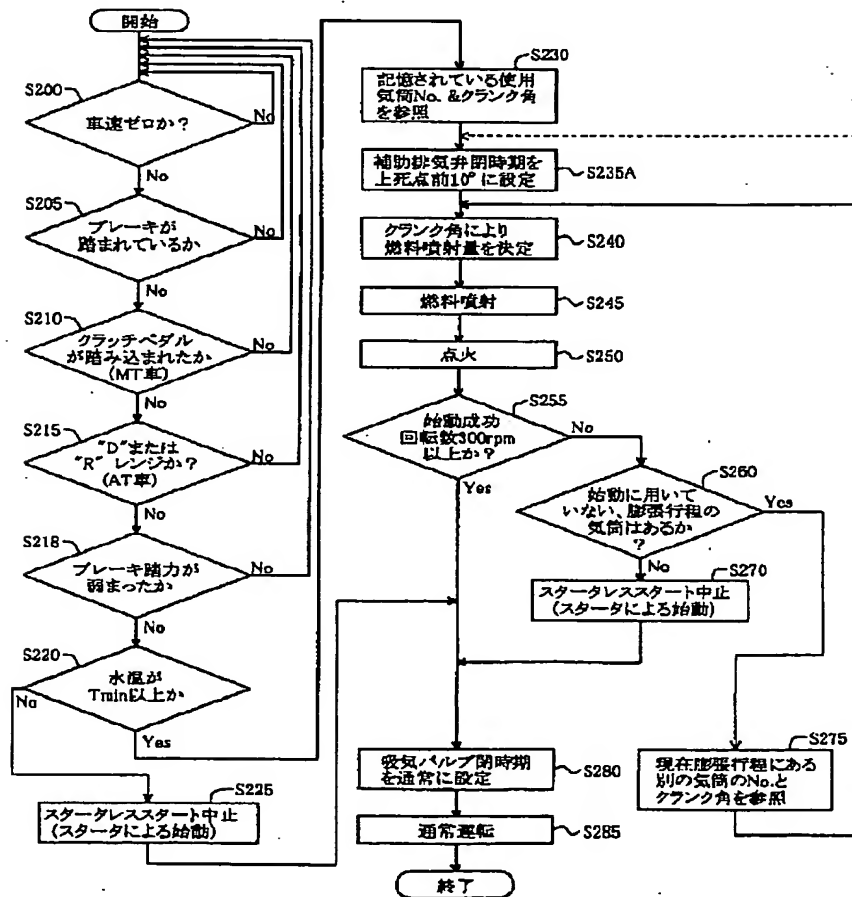
【図7】



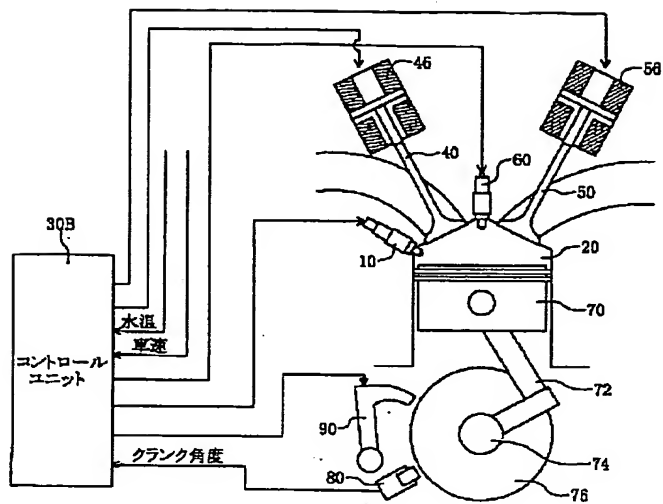
【図8】



【図9】



【図10】

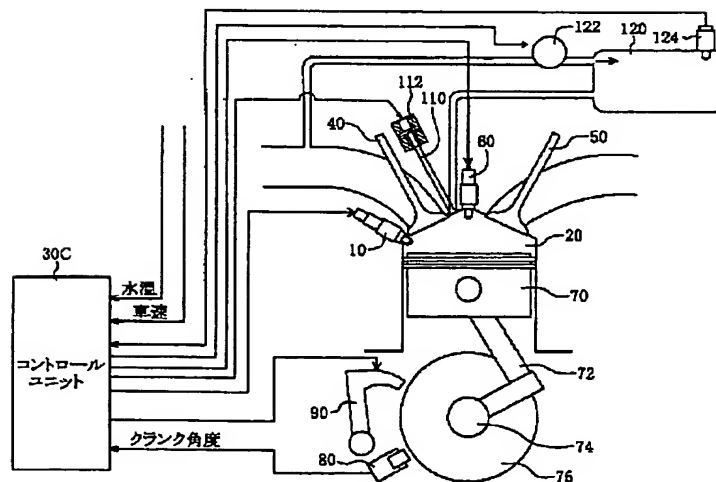


【図12】

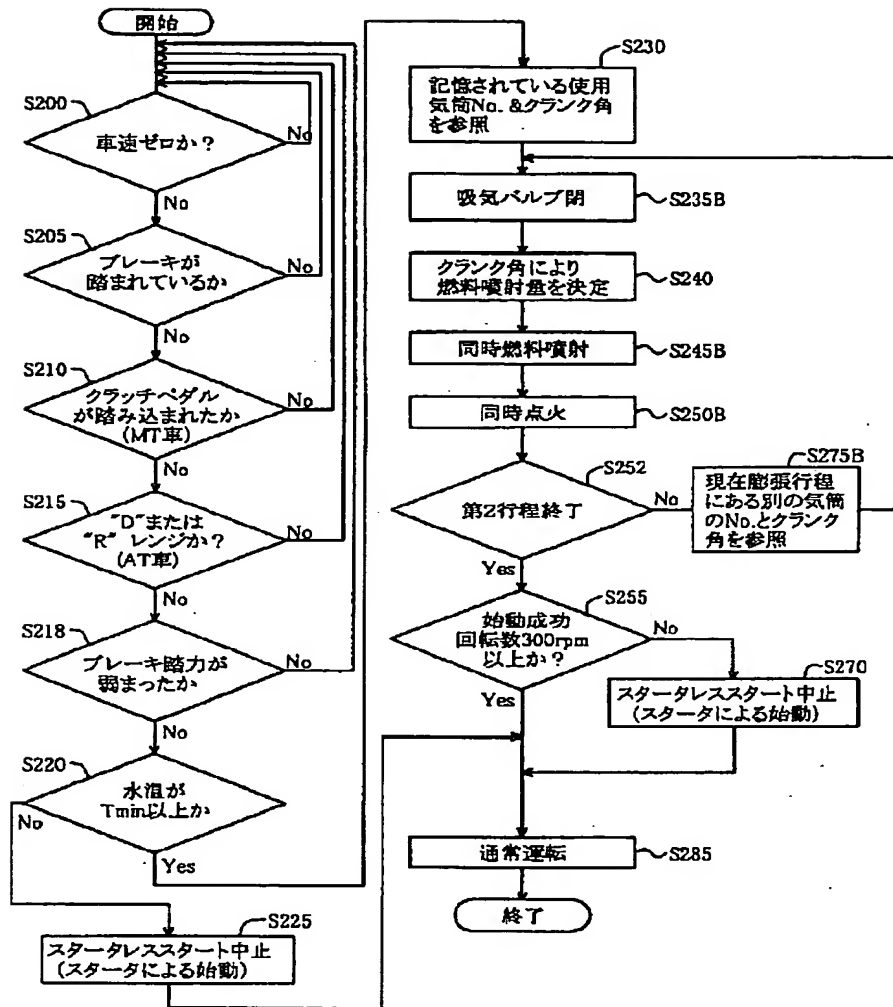
	TDC	1	2	TDC	3	4	TDC	5	6	TDC
第1気筒		膨張	排気	吸気	圧縮	膨張		排気		
第3気筒		圧縮	膨張	排気	吸気	圧縮		膨張		
第4気筒		膨張	排気	空吸気	空排気	吸気		圧縮		
第2気筒		排気	膨張	排気	空吸気	空排気		吸気		

→
時間(行程)

【図13】



【図11】

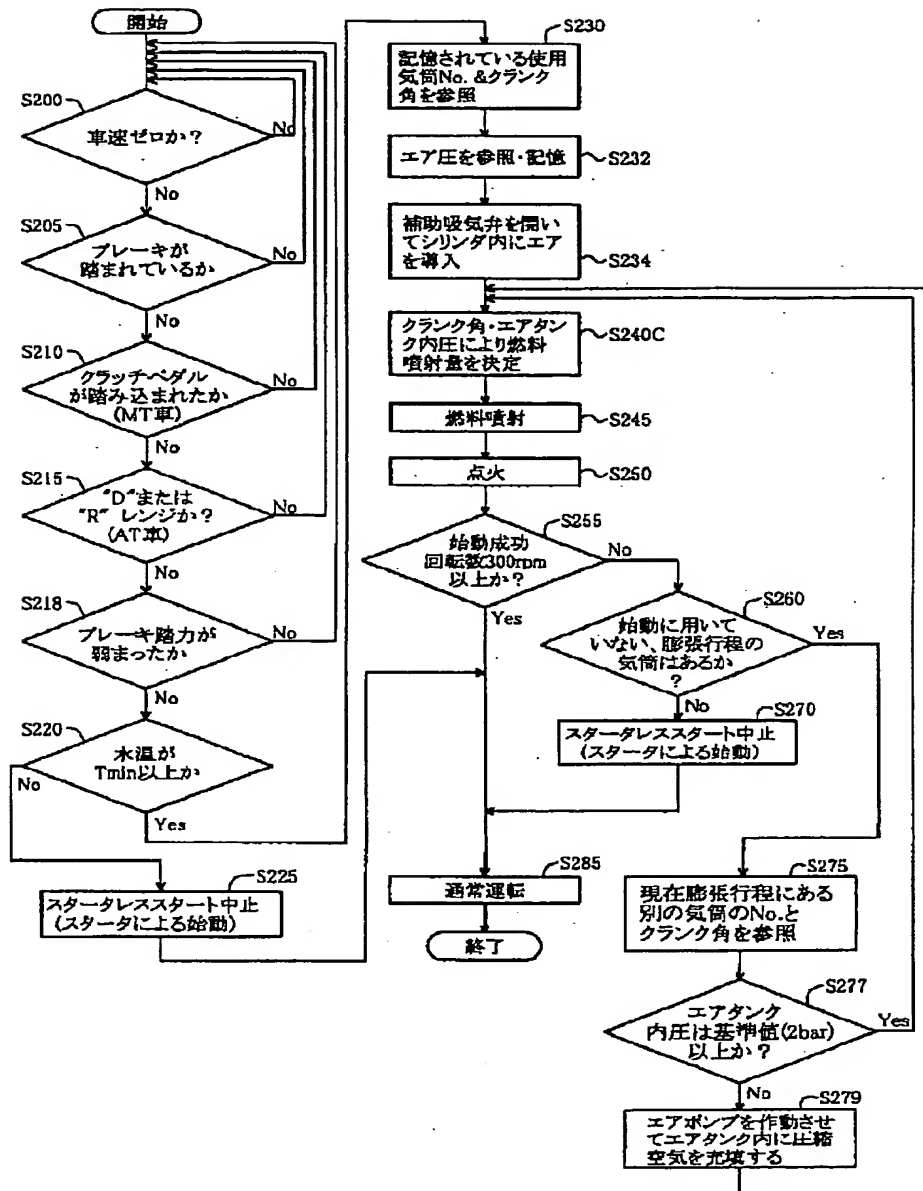


【図15】

	TDC		TDC		TDC		TDC
	1	2	3	4	5	6	
第1気筒	[膨張]	排気	吸気	圧縮	膨張	排気	
第3気筒	圧縮	膨張	排気	吸気	圧縮	膨張	
第4気筒	吸気	圧縮	膨張	排気	吸気	圧縮	
第2気筒	排気	吸気	圧縮	膨張	排気	吸気	

→
時間(工程)

【図14】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コード* (参考)
F 0 2 D 29/02	3 2 1	F 0 2 D 29/02	3 2 1 A
41/02	3 0 1	41/02	3 0 1 A
	3 2 0		3 2 0
41/06	3 3 0	41/06	3 3 0 J
F 0 2 N 9/04		F 0 2 N 9/04	E

(72) 発明者	藤井 敬士	F ターム (参考)	3G092 AA01 AA06 AA11 AA13 BA08
	茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株		BB06 DA01 DA02 DA07 DA09
	式会社日立製作所自動車機器グループ内		DD03 EC09 FA30 GA01 GA10
(72) 発明者	藤枝 護		GB10 HE01Z HE08Z
	茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株	3G093	BA21 BA22 CA02 DA01 DA05
	式会社日立製作所自動車機器グループ内		EA05 EA12 EA15
(72) 発明者	阿保 松春	3G301	HA01 HA04 HA06 HA19 KA04
	茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株		KA28 LB04 MA18 NC01 PE01Z
	式会社日立製作所自動車機器グループ内		PE08Z

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.